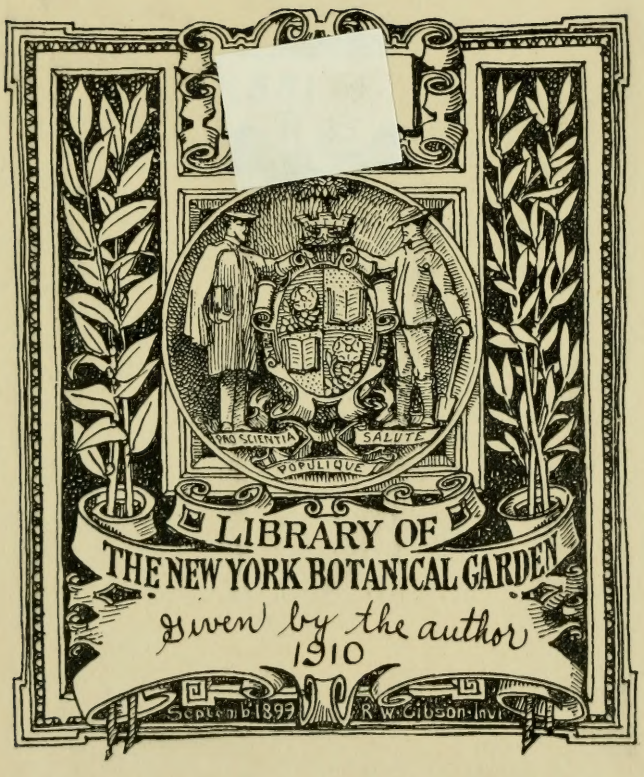
QK
776
.R52


PRO SCIENTIA
SALUTE
POPULIQUE
LIBRARY OF
THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN
given by the author
1910
Septemb 1899
R.W. Gibson. Invt

R 35

DOTT. UBALDO RICCA
Aiuto e Libero Docente di Botanica all'Università di Genova

MOVIMENTI D'IRRITAZIONE DELLE PIANTE

UNO STUDIO D'INSIEME

E

TRATTAZIONE DI QUESTIONI SPECIALI

ULRICO HOEPLI
LIBRAIO EDITORE DELLA REAL CASA
MILANO
1910.

DOTT. UBALDO RICCA
Aiuto e Libero Docente di Botanica all'Università di Genova

MOVIMENTI D'IRRITAZIONE DELLE PIANTE

UNO STUDIO D'INSIEME

E

TRATTAZIONE DI QUESTIONI SPECIALI

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN.

ULRICO HOEPLI
LIBRAIO EDITORE DELLA REAL CASA
MILANO
1910.

.152

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN.

PREFAZIONE

Lo studio dei movimenti d'irritazione dei vegetali ha assunto un immenso sviluppo in questi ultimi tempi, specialmente in seguito all'impulso datovi dal Pfeffer, e i risultati a cui si giunse son tali da richiamare il maggior interessamento, non nei soli Fisiologi delle piante, ma nei Fisiologi e nei Biologi in generale, senza contar che l'operare delle piante, assai semplice, sotto l'azione di stimoli, offrirebbe forse al Psicologo un punto di partenza molto appropriato per esplorazioni in altre regioni.

Tratto ad essi, e raccolto per mia preparazione un ricchissimo materiale di dati, ho pensato che potrebbe intanto riuscir utile uno studio loro d'insieme, accompagnato dallo svolgimento dei punti più notevoli toccati, specialmente per quanto venne ancora lumeggiandosi dopo la pubblicazione della grande opera classica del Pfeffer, la *Pflanzenphysiologie* (2.ª ediz., 1904), e che non trovasi, almeno con estesa trattazione, nelle utilissime *Vorlesungen über Pflanzenphysiologie* di Jost (2ª ediz., 1908). A questi svolgimenti ho dato la forma di note, seguenti la parte generale, e rese reperibili con ogni facilità dall'indicazione della pagina (*).

Come si vedrà, nello Studio d'insieme ebbi l'occhio anche sul mondo animale, e cercai di mettere in evidenza questioni come quelle dell'induzione di fenomeni motori d'intensità diversa in punti varî d'organi,

(*) Lo Studio d'insieme venne già pubblicato in *Malpighia* verso la fine dell'anno scorso (vol. XXII), ed ora ha subito notevoli modificazioni. Così pure nella *Malpighia* trovasi un saggio degli Svolgimenti. Ho tenuto conto per questo lavoro degli studi pubblicati fino alla metà del 1908.

della reazione (identica) di una data parte a svariati stimoli (do separatamente una rassegna degli stimoli in grado di essere attivi sugli organi nastici oltre quelli che operano in natura), del neutralizzarsi due stimolazioni tropistiche simili agenti in contrari sensi (che si è portati a ritenere abbia luogo già nello stadio d'eccitazione), ecc. Ho riunito a parte i dati che possediamo intorno alla legge di Weber nel regno vegetale (con considerazioni originali sul geotropismo, sulle termonastie dei cirri, sulla legge di Fechner, ecc.); così pure si troverà una trattazione della narcosi in riguardo ai moti d'irritazione delle piante. Uno studio speciale assai esteso è dedicato alle cause determinanti l'orientamento degli organi plagiogeotropici assili, che procurai di esaminare tutti quanti sotto lo stesso punto di vista; mi parve anche qui meritevole di larga discussione il problema del trasmettersi d'impulso motore nella Mimosa e nei viticchi in seguito a traumi profondi, che si offrirebbe come semplice fenomeno fisico, unendovi i pochi dati che possediamo intorno alla propagazione di un impulso motore veramente fisiologico (vitale) in nastie; e mi occupai diffusamente del chimotropismo, intorno al quale molto si sperimentò in questi ultimi anni. Tratto dei processi motori, fra i quali anche quelli delle nictinastie consistenti in variazioni del turgore furono sottoposti ad esame particolareggiato; e indico ricerche mie inedite sui viticchi delle Sapindacee e di altro tipo. Sieno menzionate la nota dedicata al riconoscimento dell'equivalenza di variazioni proporzionali dei due elementi, intensità dello stimolo e sua durata, nell'eliotropismo e nel geotropismo; considerazioni sulla stimolazione geotropica negli organi ortotropi ad angoli varî dalla verticale, sulla teoria statolitica, ecc. Non furono dimenticate neppure le tassie.

E colgo l'occasione per ringraziare vivamente il chiarissimo Prof. O. Penzig, Direttore dell'Istituto Botanico Universitario, che mise a mia disposizione anche la sua ricchissima biblioteca privata.

Genova, Novembre 1909.

U. Ricca.

STUDIO D'INSIEME

I fenomeni della vita non possono compiersi e coordinarsi armonicamente senza speciali azioni, determinanti (stimoli), esterne od interne (le quali ultime scaturiscono da altri), che non provvedono affatto all'organismo i mezzi energetici e materiali occorrenti alla loro realizzazione. Ed è noto che questa caratteristica, onde in vero tutte quante le attività vitali devono riguardarsi come processi d'irritazione (reazioni), appare comprensibile al nostro intelletto perchè si offre un confronto con quanto ha luogo in ordigni costruiti dall'uomo, che, pronti a funzionare, vengono resi operosi solo da certe lievi azioni, come sarebbe nelle locomotive con girare una manovella. Il lavoro di meccanesimi, a somiglianza di quanto avviene per le reazioni delle strutture viventi immensamente fini e complesse, si deve all'energia di cui dispongono; e le operazioni accennate non hanno altro effetto che di porli in una particolare condizione, la quale ne permette il funzionamento (p. 32).

Processi d'irritazione assai importanti si danno in tutto il mondo organico sotto forma di movimenti. Il concetto comune che la motilità è propria degli animali e non delle piante, esprime il fatto che in quelli generalmente il movimento è rapido e corrisponde in certo modo allo stato abituale, il che non ha luogo nei vegetali (superiori), ma nulla più. Anche questi ne compiono; solo nelle piante fisse al substrato non possiamo avere naturalmente spostamento di tutta la massa del corpo, e consistono solo in curve (o torsioni; p. 11, 32). Inoltre se nei vegetali riescono per lo più assai lenti e non vengono nella maggior parte dei casi ripetuti con frequenza da uno stesso organo, si può però af-

fermare che nemmeno per essi la vita sarebbe possibile senza la capacità a movimenti. E si noti, non abbiamo in mente quelli dovuti solo a cause fisiche, come l'aprirsi delle antere, degli sporangi delle Felci, di numerosi frutti, ecc., nei quali non entra in giuoco il plasma, che pure hanno la loro importanza; nè d'altra parte le correnti plasmatiche intracellulari. Come potrebbe vivere una pianta, svolgentesi dal seme per esempio colla radice all'insù e il fusticino entro terra? il che avverrebbe infinite volte, senza la capacità di rispondere a un particolare stimolo della gravità con curvature, in modo da essere condotta alla posizione normale. E parti epigee è d'uopo assumano pure una certa orientazione di fronte alla luce: le foglie della gran maggioranza delle Dicotiledoni devono riceverla ben di fronte alla lamina, affine di compiere nelle condizioni migliori l'assimilazione, e per raggiungere l'attitudine voluta sono obbligate assai spesso a curvature e torsioni sotto lo stimolo di questo agente. Le radici si inflettono verso i punti ove è maggiore l'umidità, ecc.; i viticchi di cui son dotati molti vegetali rampicanti, venendo a toccare rametti di altre piante, subiscono dal detto contatto (p. 114) una irritazione, e li avvolgono incurvandosi, per modo che la pianta, con questi organi di fissazione può giungere in alto, bene esposta alla luce, il che altrimenti sarebbe impossibile, dato l'esile caule; e gli esempi si potrebbero moltiplicare. Non mancano nemmeno assolutamente alle piante superiori moti rapidi da potersi paragonare a quelli degli animali, come i noti movimenti della Mimosa, dei filamenti staminali di Berberis e di altre piante, della celebre Dionaea catturante insetti, le inflessioni di certi viticchi (Cyclanthera, Sycios, Passiflora gracilis, ecc.) che si seguono benissimo ad occhio nudo. Inoltre zoospore, spermatozoidi, un gran numero di vegetali inferiori microscopici, son dotati di locomozione come gli animali, assai rapida, tenuto conto delle dimensioni minime del corpo, e sono in grado di modificarla sotto lo stimolo di agenti chimici o fisici. E possono riuscire attive stimolazioni assai deboli. Nei cirri di Sicyos angulatus si ottenne il movimento con una piccola ansa di filo di cotone applicata sull'organo del peso di mg 0,00025 (p. 32), e nei tentacoli dell'insettivora Drosera ponendo sulla capocchia un pezzettino di capello

umano lungo $^1/_5$ di mm e di peso inferiore a $^1/_{1000}$ di mg (p. 33); i quali stimoli passerebbero inavvertiti anche nelle parti più sensibili della cute umana. Sulle stesse capocchie nelle foglie più irritabili agirebbe come stimolo il fosfato ammoniacale alla diluizione di $^1/_{2.000.000}$ (p. 33). Le foglie perigoniali di Crocus, che, come è noto, si aprono e si chiudono col variare della temperatura, cominciano già a reagire per un aumento di $^1/_2$ grado C. (p. 33); certe piantine possono essere sensibili a stimoli luminosi inferiori a $^1/_{100.000}$ di candela (p. 33). Il peculiare stimolo della gravità a cui si è già accennato, si esplica con azioni che, ad ogni modo, tenendo conto di certe condizioni cellulari, appariscono deboli (p. 140), e con esperienze a mezzo della forza centrifuga, la quale agisce come la gravità, sarebbe stato constatato in radichette che è in grado di riuscire attiva, sia pure in piccola misura, ridotta a $^1/_{1000}$ del valore di quest' ultima (p. 33; si veda anche a p. 166). Sensibilità a stimoli chimici assai fine troviamo in spermatozoidi, Bacteri, ecc., accennanti già a raccogliersi in molti casi entro tubetto capillare che contiene la sostanza attiva (per gli elementi maschili dei Pteridofiti un malato, e per specie di Bacteri ad esempio estratto di carne) all' 1 $^0/_{0000}$, introdotto per un estremo nella goccia ove sono diffusi (p. 174, 176, 178, 179); e sia ricordato che, secondo Shibata, lieve azione ripulsiva risentono spermatozoidi di Isoëtes di fronte a nitrato d'argento nel detto capillare, alla diluizione del 0,2 $^0/_{00000}$ (p. 182). La soglia d' eccitazione, come chiamano i fisiologi il valore minimo dello stimolo capace di provocarla, può quindi, come negli animali, assumere valori estremamente piccoli. E le piante in generale ci si offrono come dotate di un grado di irritabilità notevolissimo; la lentezza con cui si compie la gran maggioranza dei loro movimenti in un col discreto tempo d' azione dello stimolo che si richiede affinchè abbiano luogo (p. 34; considerevolmente più tardi questo trascorso; si veda però a p. 77), non escludono affatto una squisita attitudine nelle strutture irritabili a ripercuotere variazioni nel mondo esterno. Si è portati ad ammettere che durate minime d' esposizione allo stimolo della gravità, della luce, cioè alle stimolazioni che agiscono più di frequente sulle piante, di gran lunga inferiori a 1", non riescono senza effetto sulle dette strutture, quantunque se singole non in grado

di condurre l'organo a una curvatura, dal momento che ripetute ad intermittenza possono aggiungersi efficacemente le une alle altre, e ne risulta l'inflessione (p. 34). Quanto sopra è dovuto in parte ai limitati mezzi motori di cui dispone la pianta, ed ha l'effetto d'impedire un inutile spreco di attività: che si richieda negli organi una durata di spostamento notevole dalla posizione normale per essere posti in grado di reagire allo stimolo della gravità, si comprende, giacchè in caso contrario le fugaci deviazioni che possono darsi in natura condurrebbero a curvature d'irritazione.

Come negli animali, in generale col crescere l'intensità dello stimolo aumentano le azioni provocate, fino ad un certo limite, ma non nella stessa ragione di esso; e in un buon numero di casi si è riconosciuta la nota relazione di Weber: data una intensità dell'agente stimolante, affinchè si manifesti l'effetto di un incremento, questo deve stare in un rapporto costante col primo valore (p. 37). Nella Mimosa, ed è possibile in altri casi di irritabilità ad urti, in condizioni favorevoli, se uno stimolo meccanico per quanto debole è attivo, provoca sempre l'ampiezza maximale del movimento, il che, è noto, trova riscontro nella musculatura del cuore. Come era da aspettarsi, anche la durata della stimolazione ha effetti sulla grandezza della reazione nello stesso senso dell'intensità dello stimolo; e anzi in alcuni casi si riscontrò che si equivalgono aumenti proporzionali dei due elementi, come avviene a proposito della luce sull'occhio umano (esperienze di stimolazione intermittente a periodi assai brevi), e del resto anche in riguardo alla sua azione fotochimica (p. 45).

Sia accennato che in certi moti d'orientazione l'agente stimolante non sarebbe in grado di provocar subito l'eccitamento motore (o solo in maniera imperfetta), come risulta da recenti studi di E. Pringsheim sulla stimolazione della luce. Se l'organo rimase allo scuro o esposto a illuminazione (non unilaterale) d'intensità differente, è necessario in generale che, a somiglianza di quanto ha luogo per la percezione da parte del nostro occhio, si stabilisca prima una specie di adattamento delle strutture irritabili alle nuove condizioni di chiarezza (p. 49).

Naturalmente mancano nelle piante gli organi complicati di recezione di stimoli necessari agli animali; per la pianta non è utile reagire in

qualche modo se non a mutamenti di natura molto semplice nel proprio ambiente, a variazioni molto semplici nelle relazioni fra il mondo esterno e la posizione degli organi. Anzi in quanto a strutture differenziate istologicamente in rapporto colla recezione, poco ci risulta; pare ne esistano in vero tendenti a facilitare l'azione di stimoli meccanici, come sarebbe il caso pei prolungamenti plasmatici addentrantisi nello spessore della parete esterna epidermica in certi cirri, ecc. (p. 49). E dato il piccolo numero di movimenti che i diversi organi son chiamati a compiere e la minor dipendenza (o più lenta a stabilirsi) delle varie parti, non v'ha un sistema nervoso; quindi mancando degli organi accentratori nervosi, sede negli animali e nell'uomo dei fenomeni subbiettivi delle sensazioni (individuali), non possiamo ascriverli alle piante; e questo lasciando impregiudicata la concezione che tanto nel mondo organico quanto nell'inorganico esista sempre una facies subbiettiva modificantesi localmente ad ogni mutamento nelle condizioni, nell'attività. Del resto anche negli animali abbiamo un gran numero di movimenti d'irritazione (viscerali) che restano estranei alla coscienza, e nei gradini infimi del mondo animale ci avviciniamo alle condizioni realizzate nelle piante. Le espressioni sensibilità, percezione degli stimoli, ecc., che ci fa comodo adoperare, le riferiamo sempre a fenomeni di rispondenza obbiettiva.

Non possiamo ancora paragonare i movimenti delle piante ai riflessi degli animali, ma piuttosto a quelli più semplici nei quali l'eccitazione motrice è indotta nei punti stimolati, senza il bisogno di un organo nervoso speciale (centrale, ganglio), come ad esempio nelle note esperienze di contrazione del muscolo gastrocnemio di rana, stimolando il suo nervo o direttamente il muscolo. Il primo caso trova riscontro nei movimenti vegetali a zona recipiente lo stimolo separata dalla motrice, come avviene nel labello dell'Orchidea esotica Masdevallia muscosa, ove la sensibilità (a stimoli meccanici) risiede in una cresta del detto labello, e viene determinato il sollevamento dell'organo, inflettendosi una porzione da quella ben distinta, a forma di laminetta (p. 72); e così pure nei tentacoli delle foglie di Drosera ove solo le capocchie sono irritabili, mentre il moto è eseguito dai pedicelli, e anzi dalla loro parte infe-

riore. Non cito l'esempio notissimo di trasmissione lontana del movimento nella Mimosa, quando si recide o si ustiona in qualche parte, giacchè pare l'impulso non venga arrestato da zone uccise (Haberlandt Mac Dougal, Fitting), e quindi non consisterebbe in fenomeni plasmatici (vitali); i tagli, le bruciature non provocherebbero direttamente una vera eccitazione, ma azioni fisiche le quali propagantisi (si è pensato, come è noto, a fenomeni di movimento dell'acqua) agirebbero come stimoli negli organi di moto a cui giungono successivamente, cioè nei pulvini situati alla base del picciolo primario, dei secondari e delle foglioline (p. 53). Nei casi di cui sopra pensiamo che una eccitazione deve trasmettersi dalla zona sensibile fino alla parte atta a compiere il movimento, come nel preparato animale, colla differenza che non v'ha specializzata istologicamente una via di conduzione (nervo) (p. 74): l'eccitazione dal plasma di una cellula alla successiva segue le vie dei plasmodesmi; e il propagarsi, come nei nervi, lo immaginiamo quale un'azione (irritante) di parti già eccitate su parti non ancora eccitate. Al secondo caso possiamo paragonare la maggioranza dei movimenti delle piante, in cui la regione sensibile non è separata dalla motrice: anche qui si offre a priori verosimile l'ammettere processi d'eccitazione, indotti direttamente dallo stimolo, e determinanti i motori; e di più certi fatti non si spiegano altrimenti (p. 22, 24, 168, ecc.). E come nei muscoli, essendo generalmente la stimolazione limitata a una data parte della massa che reagisce, deve aversi una trasmissione dell'eccitazione alla rimanente; anzi, come vedremo (p. 14), le condizioni, almeno in molti casi, sono più complicate che in un muscolo.

Ricorderò che, come risulta dagli studi di Burdon-Sanderson (p. 74), nelle foglie della Dionaea vengono provocati per effetto della stimolazione perturbamenti nello stato elettrico, precedenti la reazione, che si trasmettono in punti più lontani, compresa l'altra metà fogliare; e senza dubbio, a somiglianza dell'onda di negatività nei nervi e muscoli animali, segnano il cammino percorso dall'eccitazione. L'autore ne determinò la velocità del propagarsi partendo dal fatto che punti corrispondenti della faccia superiore e inferiore non sono allo stesso potenziale, e che, stabilito un arco elettrico fra l'uno e l'altro, può venir molto

bene avvertito il sopraggiungervi delle dette perturbazioni: gli elettrodi (impolarizzabili) erano fissati in corrispondenza del mezzo di una data metà fogliare ove sono inserite le setole sensibili, e irritava ivi in un certo numero di esperienze, mentre in altre lontano, nell'altra metà. E il detto metodo di Helmholtz gli diede il valore medio di 200 mm al secondo: come è noto, cifre simili si possono avere per nervi di animali inferiori (velocità di trasmissione dell'eccitazione).

Negli animali ove, in relazione col grande sviluppo della vita di moto, esistono ben differenziati tessuti adibiti a fenomeni d'eccitazione e alla loro conduzione, che mancano nelle piante, è pure specializzato, come si sa, un tessuto per la funzione motrice, il muscolare, e ogni movimento è ottenuto con contrazioni delle sue fibre; tessuto non rappresentato nelle piante. Nei vegetali superiori non pare esistano casi di movimenti d'organi dovuti a contrazione attiva di protoplasti. Le piante che crescono fisse al substrato utilizzano i fenomeni di crescenza nel compiere la maggior parte dei loro tardi movimenti d'inflessione, sia intensificandola (gradatamente) verso il lato che dovrà riuscire convesso, sia elevandola ivi meno (o affatto) e deprimendola verso la parte opposta: per necessità meccanica, come è noto, deve risultare una curvatura. E si comprende, essendo lento l'accrescimento, che l'iniziarsi dell'inflessione richieda un tempo notevole, spesso un'ora e più, ad onta, come si è visto, di un grado squisito di sensibilità. Però in certi cirri (organi sottili, nei quali ad ottenersi una curva di dato raggio basta una eccedenza assai lieve nella lunghezza del lato convesso sul concavo), con un forte intensificarsi della crescenza, prima debole, verso il lato convesso, si può avere, come fu già ricordato, un movimento di curvatura assai rapido (p. 74). Questi moti dovuti ad accrescimento rappresentano una specialità dei vegetali (p. 79). Non mancano però esempi fra le piante di inflessioni ottenute con contrazioni al lato concavo, dovute a fenomeni reversibili, a somiglianza degli animali, come i noti moti della Mimosa ed altri (nei filamenti staminali di Cynaree sono della stessa natura; solo che, a differenza degli altri movimenti vegetali di cui ci occupiamo, consistono in definitiva nella contrazione di tutto l'organo in corrispondenza dei vari punti della sezione trasversale); ma quantunque sia tut-

t'altro che ben definito il processo della contrazione nei muscoli, si può giudicare che i mezzi con cui è ottenuta nei vegetali superiori riescono differenti; e viene utilizzata una condizione speciale delle loro cellule (Pfeffer). Come si sa, in queste, ad eccezione dei tessuti meristematici, la maggior parte del volume è occupato dal succo cellulare, ben distinto dal plasma il quale sta alla periferia, addossato (utriculo plasmatico) alla membrana cellulare che non manca mai (in certi casi cordoni plasmatici attraversano il succo), e contro la quale vien premuto, distendendola, dalle forze osmotiche del succo, che raggiungono d'ordinario parecchie atmosfere (turgore cellulare). Di queste, dovute a composti sciolti, possiamo renderci ragione molto bene colla teoria cinetica, secondo la quale le molecole dei corpi allo stato di soluzione premerebbero come le molecole di un gas; ma si spiegherebbero pure volendo ammettere solo un'azione attrattiva dei detti composti sull' acqua. Il plasma è permeabile all' acqua e non, o in grado assai minore, a molte sostanze solubili; le quali qualità osmotiche risiedono, a quanto pare, nello strato plasmatico estremo, confinante sia col succo sia colla membrana, mentre quest'ultima lascia diffondere anche i composti allo stato di soluzione. E se si immerge un appropriato tessuto in soluzione salina diluita, si può constatare che il volume degli elementi diminuisce, uscendo acqua, colla concezione cinetica per il fatto che la pressione osmotica esterna equilibra una parte della pressione regnante nell' interno delle cellule; e se la soluzione è abbastanza forte, annullata la distensione elastica della membrana, l'utriculo plasmatico, continuando a restringersi, si stacca dalla parete cellulare (plasmolisi): la contrazione avrebbe fine quando il volume del succo è ridotto per modo da uguagliare la sua pressione osmotica quella della soluzione salina usata. Nei tessuti con le membrane cellulari non ispessite, la solidità, la consistenza è dovuta principalmente alla pressione dei succhi cellulari; è noto che le foglie, i giovani getti quando traspirano intensamente, senza avere a propria disposizione molta acqua, divengono flosci e ricadono. È provata in organi motori di cui sopra all' atto del movimento una fuoruscita di liquido dalle cellule, che si riversa negli intercellulari; e la contrazione di queste si attribuisce naturalmente a un improvviso deprimersi della pressione osmotica, così

da non essere più in grado di equilibrare la tensione elastica della membrana: per effetto di quest' ultima viene espulso una certa quantità di liquido dalle singole cellule. Riguardo alle modalità con cui può essere ottenuta la brusca diminuzione della pressione, si possono fare diverse ipotesi, ad esempio che sostanze osmoticamente attive nel succo (sotto l' azione diretta o indiretta del plasma) si trasformino in altre dotate di minor potere; il lento ritorno alla condizione iniziale che segue la reazione si spiegherebbe col riformarsi dei detti composti. Come si vede, in rapporto coll'organizzazione speciale delle piante, questi movimenti ottenuti a mezzo di contrazioni, sarebbero differenti dai muscolari degli animali. L' ammettere una parte attiva del plasma nel contrarsi non è in accordo con le condizioni cellulari che conosciamo pei vegetali superiori, ed incontra l' ostacolo della poca consistenza di esso plasma, nella maggior parte della cui massa (anche durante i detti moti) si possono osservare correnti (p. 80). Variazioni del turgore entrano pure in giuoco in movimenti d'irritazione, anzichè con depressione, con aumento di questo, in prevalenza al lato convesso, come avviene nei pulvini di cui son dotate le foglie di un certo numero di piante, quando assumono la posizione di notte; ecc. (p. 86). E d'altra parte, in condizioni speciali, sono a prevedersi contrazioni non dovute affatto ad abbassamento del turgore, ma anzi al fenomeno contrario, nelle quali le cellule, allargandosi in senso trasversale, si accorciano longitudinalmente, come nei viticchi delle Sapindacee, ove le nuove condizioni resterebbero fissate dall'aggiunta di sostanza alla membrana (p. 92; del resto nelle curvature d'irritazione con allungamento, dovute a fenomeni di crescenza, offerte da altri cirri, parrebbe che il processo venga pure iniziato da un aumento del turgore: p. 78).

Ed ora un accenno all' induzione dei processi motori che abbiamo scorsi, nelle varie parti della regione motrice. Nei movimenti ottenuti con depressione del turgore in una data massa di tessuto al lato concavo, le cui cellule reagirebbero con intensità non troppo differente, ricordando le fibre dei muscoli negli animali, nessuna difficoltà ad intendere che l'eccitazione dovuta allo stimolo meccanico agente in un punto, induca il moto propagandosi a tutta quanta. Ma meno sem-

plici si discoprono le condizioni quando la curvatura risulta da gradi diversi di attività di parti dell'organo situate fra la superficie convessa e la concava, agenti armonicamente (p. 11). Se lo stimolo è diffuso, non essendo ben inteso il membro capace di curvarsi che in un dato senso, come ha luogo nei movimenti di un buon numero di foglie dovuti all'alternarsi diurno della luce e dell'oscurità, di parti fiorali in seguito a variazioni nella luce o nel calore, è ammissibile che, provocata direttamente l'eccitazione tutto intorno alla superficie dell'organo motore (p. 93), si comunichi all'interno, oppure sia ottenuta anche ivi in via diretta, e trovi gli elementi predisposti a determinati gradi d'azione, a seconda della posizione che occupano, ai quali vengono da essa indotti. Se invece lo stimolo opera unilateralmente, essendo l'inflessione dirigibile comunque a seconda la direzione di questo, non è più concesso ricorrere ad attività specifiche localizzate. Si può pensare, ad esempio, che l'eccitamento determinato conduca più direttamente all'induzione dei fenomeni motori accentuati in corrispondenza del lato convesso o del concavo, e che alle induzioni delle attività scaglionate in altri strati longitudinali abbiano parte azioni correlative, senza che d'altra parte queste sieno da escludersi a proposito dei moti dovuti a stimoli diffusi. Meno verosimile sembra l'ipotesi che l'eccitazione nel propagarsi entro l'organo in senso trasversale si modifichi per modo da essere in grado di chiamare direttamente i graduali fenomeni motori. E si tenga anche presente che non è detto in tutti i casi debba riuscir attiva l'intera massa dei tessuti dell'organo (p. 94).

A somiglianza di quanto avviene nei muscoli animali, che si contraggono per effetto di svariate stimolazioni dei loro nervi o dei muscoli stessi (ed è anche il caso di ricordare il noto principio delle energie specifiche degli organi di senso), può nelle piante un organo di movimento essere indotto a compiere il particolar moto a cui è destinato, oltrechè dallo stimolo specifico attivo in natura, anche da altri, che per lo più agiscono solo nei laboratori. Ad esempio la Mimosa risponde ugualmente ad urti e scuotimenti, e a forti e brusche modificazioni di temperatura, ad agenti chimici, a correnti d'induzione, in seguito a ferite profonde, ecc.; così pure i viticchi reagiscono con gli stessi processi motori,

oltrechè al peculiare stimolo meccanico che li induce ad avvolgersi intorno a sostegni, ad altre svariatissime stimolazioni come sopra (p. 118). Che sia possibile giungere al medesimo risultato in maniera differente non sarebbe difficile mettere in evidenza con ordigni costruibili. Gli effetti immediati dei detti stimoli sul plasma, provocanti i processi d'irritazione, sono senza dubbio diversi (agiscono, almeno in certi casi, in punti differenti), e possono riuscir tali anche eccitamenti primi (l'intero processo costituirebbe una catena più o meno estesa, i cui anelli si determinano l'un l'altro), venendo indi le eccitazioni a corrispondere, nell'attività plasmatica inducente direttamente i fenomeni motori, e forse anche prima (p. 122). E che così svariate azioni riescano efficaci accennerebbe essere molto labile lo stato di non irritazione. Però non dobbiamo considerare senz'altro come generale l'identica reazione di un dato organo motore a stimoli vari: una stessa parte può essere adibita a due movimenti di natura differente, per opera di due diverse stimolazioni che agiscono in natura, abbiano pure luogo nello stesso senso; come avviene a proposito della Mimosa pei moti di cui sopra, e per quelli dovuti all'alternarsi diurno della luce e dell'oscurità, che conducono alle medesime posizioni, ma si compiono con fenomeni motori differenti (e assai più lentamente). In quanto ai movimenti di orientazione degli organi, degli organismi microscopici dotati di locomozione, sotto lo stimolo della luce, della gravità, di composti chimici, ecc., hanno luogo con processi motori simili (si veda però a p. 96 e a p. 28), e se ne sperimentarono anche con stimoli non attivi in natura. In alcuni casi si è potuto accertare che, sovrapposte le azioni di due agenti, non entra in campo la legge di Weber, il che avviene quando si accresce l'unico con cui sono in presenza; e il fatto si spiega con una diversità almeno nelle eccitazioni prime. D'altra parte è prevedibile che talora per stimoli aventi analogie molto strette, anche queste possano riuscire identiche; l'organismo non sarebbe in grado di distinguere l'uno dall'altro stimolo, come ha luogo ad esempio per il cloruro potassico e il cloruro ammonico sullo Spirillum rubrum, le cui azioni si influenzano secondo la relazione di Weber (p. 94).

Già si è accennato alla reversabilità dei moti dovuti a variazione nel

turgore; come i muscoli degli animali, gli organi, compiuto il movimento d'irritazione, ritornano nella condizione primitiva (il moto inverso è assai più lento). Ma anche le curve dovute al modificarsi dell'intensità della crescenza tendono a ritendersi se cessa l'azione inflettente dello stimolo: l'accrescimento va distribuendosi in senso contrario rispetto a quanto ebbe luogo durante l'incurvarsi; il lato prima concavo cresce di più e il convesso meno (p. 96). Senza dubbio il fenomeno è dovuto ad una tendenza insita in molti organi a conservarsi rettilinei, cioè ad allungare in definitiva nella stessa misura ogni lato, e siamo in presenza di uno degli infiniti casi di autoregolazione dell'organismo; fu osservato anche in seguito a curvature ottenute con semplici mezzi meccanici senza che sia in giuoco un processo d'irritazione (p. 96). E non è da escludersi che la ritensione si ottenga in certi casi, anzichè con fenomeni di crescenza, con altri mezzi di cui gli organi dispongono: in radici che subiscono una contrazione longitudinale nella regione non più in via di allungamento, parrebbe possa venir utilizzato questo fenomeno, accentuandolo di più al lato convesso (p. 96). Ricorderò che talvolta nella ritensione la condizione rettilinea viene subito alquanto sorpassata; indi l'organo vi ritorna definitivamente, avendo compiuto una oscillazione (p. 96). Molte volte, come nella Mimosa, nei tentacoli della Drosera, nei viticchi, nei perigoni di certi fiori che si aprono con un elevamento di temperatura, ecc. (movimenti dovuti a variazione del turgore, a fenomeni di crescenza), la ritensione ha pure luogo perdurando ad agire lo stimolo ad intervalli sufficientemente brevi o in continuità, e l'organo in quelle condizioni non risponde più alla stimolazione. Ciò può essere dovuto ad affaticamento delle strutture irritabili, come pure allo stabilirsi di una specie di abitudine all'agente stimolante (p. 97). Qualche cosa di simile si verifica anche nei muscoli sottoposti a stimoli solo moderatamente forti, che si ripetono ad intervalli brevissimi (p. 98).

Affinchè abbiano luogo i movimenti d'irritazione sono necessarie, come per le altre funzioni della vita, certe condizioni fra cui principalmente un dato grado di calore: se la temperatura è inferiore a un certo numero di gradi, variabile a seconda dei casi, si ha uno stadio di insensi-

bilità; così pure non deve superare un massimo, e si danno le temperature optimum. Naturalmente negli organismi aerobii è d'uopo la presenza di ossigeno libero; e fra questi si conosce con certezza solo il caso della Drosera, i cui tentacoli possono inflettersi in ambiente privo del detto gas. E la quantità minima di ossigeno richiesto varia a seconda dei casi (p. 98). Avremo occasione di accennare ad esempi di condizioni molto particolari che richiedonsi talvolta per una data maniera di rispondenza, e mutate, questa si modifica. A somiglianza di quanto avviene per gli animali, sostanze conosciute col nome di narcotici, come il cloroformio, l'etere, ecc., se adoperate a dosi non troppo forti, possono avere la capacità di deprimere o sospendere temporaneamente l'irritabilità, come del resto in generale anche le altre funzioni della vita. In riguardo ai moti dovuti a depressione del turgore, che si compiono con grande rapidità, la narcosi si ottiene abbastanza prontamente. Così collocando un vaso di Mimosa sotto una campana, esposta all'azione dei vapori di etere o di cloroformio, si può riuscire in pochi minuti a farle perdere l'irritabilità; e se l'azione non si protrae troppo a lungo, la pianta non ne soffre, e dopo qualche tempo che ne è stata allontanata ritorna sensibile. Interessanti sono fra altre le ricerche del Rothert, il quale ha mostrato che in organismi vegetali inferiori dotati di locomozione, l'effetto narcotizzante di questi composti sui movimenti d'irritazione (dovuti a stimoli chimici, all'azione della luce) può esplicarsi già ad un tenore al quale riescono inattivi o poco efficaci sui fenomeni del movimento autonomo; però il detto effetto non è generale, e in altri casi riesce invertito riguardo ai due ordini di moti (p. 98).

*
* *

Un certo numero di movimenti nelle piante, dovuti a processi vitali, come sarebbero quelli di locomozione in microorganismi, e nei vegetali superiori nutazioni, particolari moti periodici di foglioline, assai vistosi nel Desmodium gyrans, ma che molto più lenti hanno pure luogo in numerose altre specie, per esempio in Oxalis, Trifolium, taluni movimenti in organi fiorali, ecc., si compiono anche mantenendo costanti le con-

dizioni esteriori: non sono determinati da stimoli esterni, ma interni, che non è facile definire. Noi ci contentiamo di accennare a questi moti, che anch'essi trovano largamente il loro riscontro negli animali, per occuparci di quelli dovuti a una stimolazione che provviene dal mondo ambiente.

E cominciamo dai moti di parti il cui senso d'incurvamento, invariato, non dipende da una direzione dello stimolo, ma dalla struttura dorsiventrale (sia pure solo fisiologicamente) dell'organo; notando però che in alcuni casi, oltrepassata gli stimoli una data intensità, può invertirsi la direzione del movimento, ad esempio in perigoni di Crocus e Tulipa per calore abbastanza elevato (p. 105). Questi organi possono essere adibiti esclusivamente alla funzione di moto, come i cuscinetti delle foglie e foglioline di numerose piante, che permettono l'assunzione delle attitudini così dette di sonno e di veglia, per effetto dell'alternarsi della luce e dell'oscurità; la parte motrice nel labello della Masdevallia muscosa; ecc.; e vi riscontriamo naturalmente strutture anatomiche in relazione coll'ufficio loro. Altre volte, pur offrendo, almeno in certi casi, strutture visibilmente correlative a questa loro funzione, servono nello stesso tempo a un altro ufficio più generale nella pianta, come le foglie di Dionaea, di Aldrovanda, ecc. I moti, conosciuti col nome di nastie, e che richiamano numerosi movimenti animali, non suscettibili di compiersi che in un senso determinato, servono a scopi particolari, come sarebbe di preservazione, a favorir l'impollinazione, alla cattura di piccoli animaletti in piante insettivore, ecc.

Sotto il punto di vista degli stimoli attivi si danno principalmente organi nastici reagenti in natura a variazioni nella luce o nel calore (nictinastie: p. 106), ed altri in grado di rispondere a stimoli meccanici. Questi ultimi possono consistere in urti unici di corpi, sia solidi, sia liquidi, o anche solo nell'operar flessioni (sismonastie: p. 112; gli organi sono caratterizzati inoltre, almeno nei casi studiati, dal compiere i moti con depressione del turgore); mentre altre volte consistono nel fenomeno più particolare del contatto di corpi solidi, in condizione di non immobilità, che si traduce in una serie abbastanza rapida di urti distinti, sieno pure deboli (aptonastie: p. 114). In certi casi uno

stesso organo rientra in due gruppi differenti, come i pulvini della Mimosa. E già si accennò che oltre gli stimoli anzidetti possono provocar il movimento altri (p. 118), che per lo più non agiscono in natura, mentre talora assumono una considerevole importanza biologica, come avviene in organi del terzo gruppo per stimoli chimici (Drosera, Pinguicula).

Ma immensamente più diffusi, e si può dire che hanno la capacità di compierli i cauli, le radici, ecc. di tutte le piante, senza essere estranei nemmeno alle inferiori (fisse al substrato), sono altri moti di curvatura che possono aver luogo in qualunque senso a seconda della direzione dell'agente stimolante, d'orientazione di fronte ad esso; e costituiscono la vasta classe dei tropismi. Si è già avuto occasione di accennare alla loro importanza pei vegetali, assicurando agli organi la posizione più favorevole al compimento delle funzioni loro: tenuto conto delle condizioni biologiche assai diverse, possiamo considerarli rispondenti a un gran numero di movimenti esterni degli animali.

Mentre nella gran maggioranza dei casi il movimento tropistico può aver luogo colla stessa facilità in ogni direzione, talvolta, come in viticchi (organi aptotropi), ai quali ci riferiamo, la struttura è tale da renderlo, se non altro, più agevole in un senso determinato. E il carattere tropistico, manifesto oltre alla possibilità di ottenere in generale una qualche curva in altra direzione all'infuori della normale, spostando lo stimolo (lungo un fianco, anzichè operare come d'ordinario sulla faccia ventrale), è anche indicato dal fatto che nei casi in cui riesce senza effetto motore lo sfregamento lungo il lato dorsale (Cucurbitacee), dà ivi luogo però sempre a fenomeni d'eccitazione (p. 122). D'altra parte questi organi, a causa della loro dorsiventralità rientrano fra i nastici: anche stimoli diffusi (non unilaterali) sono in grado di provocarvi il movimento, operando ognora nel senso della maggior capacità di rispondenza aptotropa; e senza dubbio almeno le eccitazioni ultime a cui danno luogo vengono a corrispondere a quelle dovute agli stimoli tropistici (p. 122). E sia pur ricordato che in certi filamenti staminali irritabili (nei quali però probabilmente si danno condizioni più semplici che non nei viticchi), a direzione di moto non invariabile, questo si compie assai meglio in un dato senso (p. 123; si veda ancora a p. 73).

Fra i tropismi abbiamo geotropismo (dovuto allo stimolo della gravità), eliotropismo, idrotropismo, chimotropismo (p. 124), aptotropismo (p. 114), traumotropismo (radici che subiscono un trauma all'apice unilateralmente si inflettono dalla parte opposta nella successiva zona di elongazione, atta a curvature, tendendo a sfuggire la causa che lo provocò; p. 136), termotropismo, reotropismo (dovuto a una moderata corrente in radici immerse nell'acqua, curvantisi in senso contrario; e fu riscontrato anche in miceli di funghi; p. 137), galvanotropismo (indotto nelle radici in culture acquatiche attraversate dalla corrente elettrica; p. 137), ecc.

Solo in un piccolo numero di casi si compiono con variazioni del turgore; nelle foglie provviste di cuscinetti motori (p. 92). In generale avvengono con fenomeni d'accrescimento, ed hanno luogo in parti ancora giovani in via di crescenza (p. 74); però sono state accertate in molti casi erezioni geotropiche di organi già adulti (p. 137).

Per l'addietro i tropismi furono considerati come dovuti direttamente all'azione fisiologica degli agenti tropistici sulla crescenza, o ad un effetto loro ancora più immediato. Sull'esempio di A. P. De Candolle (p. 139) l'eliotropismo si attribuiva al fatto che il lato rivolto alla luce, essendo più illuminato, si allunga in misura minore dell'opposto, per il noto effetto deprimente di questa sulla crescenza longitudinale: l'organo si inflette verso la luce. Una spiegazione dello stesso genere fu data a proposito del termotropismo. Il Van Tieghem (p. 139) pensava che se l'organo termotropico è esposto all'azione unilaterale di una sorgente di calore, in modo che due facce opposte vengano disugualmente scaldate, nel caso che le temperature di ambedue riescano superiori all'optimum per l'accrescimento, deve curvarsi verso la sorgente, perchè essendo al lato opposto la temperatura (meno elevata) più vicina all'optimum, la crescenza ivi sarà più forte che dall'altra parte; e se per contro le temperature delle due facce stanno sotto il detto optimum, si infletterebbe in senso contrario. Riguardo al geotropismo il Knight (p. 139), che, come è noto, per il primo lo dimostrò sperimentalmente, riteneva che radichette poste orizzontali si inflettono all'ingiù in via diretta per effetto del proprio peso, considerandole presso l'apice come più o meno plastiche;

e in quanto ai fusticini, i quali nelle stesse condizioni si incurvano in senso contrario, era condotto ad ammettere che nella posizione orizzontale i succhi nutritivi si accumulino di preferenza al lato inferiore, il quale, meglio nutrito, crescerebbe più dell' opposto, provocando per conseguenza meccanica l' inflessione verso l' alto. Ma questa concezione rudimentale si dovette abbandonare nella seconda metà del secolo scorso, fino a che con Sachs venne chiaramente riconosciuto trattarsi di un processo d' irritazione. La radice che si curva non possiede le qualità che vi si attribuivano; e se ne viene equilibrato il peso, attaccandovi un filo che si fa passare sopra una carrucolina e reca all' estremità un pesetto, anche assai superiore a quello della porzione che si infletterebbe, il tropismo ha luogo ugualmente; così pure si ottenne la penetrazione della radice, nel curvarsi geotropico, entro il mercurio, che ha un peso specifico molto più elevato del corpo radicale, ecc. Non si tratta di un fenomeno passivo, ma si produce attivamente, colla capacità a vincere delle resistenze esterne. Distrutta la concezione che ammetteva l' intervento diretto della gravità nel geotropismo delle radichette, cade senz'altro anche la spiegazione data per il geotropismo dei fusticini, che ha luogo in senso contrario (p. 139). In quanto all' ipotesi Candolleana sull' eliotropismo, venne del tutto scalzata col riconoscimento che certi organi (radici di parecchie specie, ecc.), sulla crescenza longitudinale dei quali la luce esplica lo stesso effetto ritardante, reagiscono di fronte ad essa curvandosi dalla banda opposta (p. 139), e colla scoverta che certe parti le quali normalmente si inflettono verso la luce, si incurvano in senso contrario se questa sorpassa una certa intensità (p. 139). Il fatto dimostrato che in piantine di Graminacee e anche in numerosi altri casi può venire esposta alla luce solo una breve porzione apicale, e ciò non ostante l' inflessione eliotropica si propaga verso la base, in regioni tenute oscurate (Darwin, Rothert), non potrebbe più in generale venir invocato contro l' ipotesi Candolleana, ora che le ricerche di Fitting hanno provato che anche gli effetti della luce sull' intensità della crescenza possono esplicarsi indirettamente in parti non illuminate; però il caso delle piantine, ad esempio di Panicum, nelle quali, raggiunto un certo stadio di sviluppo, solo il breve organo apicale a ferro di lancia, il così detto

coleoptile, riesce sensibile (tropicamente), e la curvatura non avviene che nella regione inferiore (mesocotile), suscettibile di rallentare il proprio accrescimento se esposta sola alla luce, individualizza l'azione tropistica (p. 140). E nemmeno sussiste la concezione simile per il termotropismo. Wortmann (p. 140) ha provato che in realtà gli organi termotropici (radici) si comportano inversamente a quanto ammetteva il Van Tieghem; ed era da aspettarsi, dato che questo tropismo abbia una utilità per la pianta: le radici si curvano verso una moderata sorgente di calore, e se ne allontanano se troppo forte. Come l'aptotropismo dei cirri, in cui nemmeno a prima vista si offre la possibilità di trarre in campo un'azione fisiologica diretta dello stimolo meccanico (l'accrescimento si intensifica andando dal lato stimolato all'opposto, mentre lo stimolato non modifica o quasi le proprie condizioni: p. 75), gli altri tropismi non sono affatto dovuti agli effetti generali degli agenti tropistici sulla crescenza, spiegati localmente. I detti agenti provocano speciali eccitazioni, determinanti dei processi motori che occorrono alla realizzazione delle curve richieste. Naturalmente anche le azioni generali di cui sopra possono condurre in certi casi a curvature. Così in armonia coi principi di Van Tieghem, il Vöchting (p. 140) ha descritto che i bottoni fiorali di specie di Magnolie, i quali in primavera stanno per aprirsi, si inflettono, in condizioni favorevoli, verso il nord, venendo il calore del sole dalla parte opposta. Queste curvature non possiamo paragonarle agli altri movimenti d'irritazione di cui ci occupiamo, e non sono da allogarsi fra i tropismi.

Le azioni stimolanti cessano quando gli organi vengono ad assumere determinate orientazioni rispetto all'agente tropistico, e quindi essi si arrestano in quelle posizioni (talvolta dopo averle alquanto oltrepassate). Così i fusticini illuminati da un lato si inflettono verso la sorgente di luce, e pervenuti paralleli alle radiazioni, non ha più luogo il loro effetto irritante. I fusticini, le radichette, se disposti orizzontali, si curvano perchè stimolati dalla gravità, fino a raggiungere la stazione verticale, i fusticini diretti in alto, le radichette all'ingiù: l'azione della gravità parallelamente all'asse longitudinale dell'organo (sia che venga considerato il suo peso complessivo o la pressione di corpuscolini solidi conte-

nuti nei protoplasti, a somiglianza degli statoliti di animali inferiori) corrisponde per queste parti alla condizione di equilibrio tropico; mentre in qualunque altro senso si traduce in una stimolazione (p. 140). La gran maggioranza delle foglie delle Dicotiledoni invece è in equilibrio di fronte alla luce quando il lembo riceve perpendicolarmente le radiazioni. Possiamo quindi distinguere organi ortotropi o parallelotropi, i quali tendono a disporsi paralleli alla direzione dell'agente stimolante, e diatropi che si orientano normalmente ad essa; clinotropi sarebbero se formano con questa un certo angolo. I due ultimi atteggiamenti sono compresi nella denominazione di plagiotropismo. Però bisogna osservare che è ben lungi dall'essere provato il plagiotropismo corrisponda in tutti i casi semplicemente a un equilibrio tropistico, come avviene per il parallelotropismo; anzi allo stato attuale delle nostre conoscenze pare che in un buon numero (plagiogeotropismo) sia ottenuto dalla combinazione di un ortotropismo con altra causa efficiente fisiologica, anch'essa in relazione coll'agente tropico; e ai vocaboli di cui sopra non è da attribuirsi in generale che un significato empirico (p. 143). Spesso gli organi diatropi hanno struttura dorsiventrale, e per il loro equilibrio si richiede, non solo sieno normali alla direzione dello stimolo, ma che rivolgano ad esso una determinata faccia (foglie, ecc.; p. 162). I parallelotropi si distinguono in positivi e negativi a seconda che son diretti verso l'origine dell'agente stimolante o in senso contrario (si possono pure designare coi prefissi pro e apo), e lo stesso dicasi dei clinotropi. Per gli organi geortotropi è stato dimostrato che l'azione stimolatrice va crescendo successivamente allontanandoli dalla stazione normale verso l'orizzontale, ove riesce massima; le posizioni ad angoli uguali sopra e sotto l'orizzonte si equivalgono; e pare che l'orientamento ortotropo inverso, cioè pei fusticini diretti verso il centro della terra, per le radichette verso lo zenith, corrisponda pure a una condizione d'equilibrio, ma instabile: ad ogni deviazione, provocata per esempio da cause interne (nutazioni), lo stimolo della gravità, ridivenuto attivo, tenderebbe a condurli nella stazione normale. Si può ritenere che alle varie inclinazioni agisce come stimolo la componente della gravità normale all'asse dell'organo (p. 163). In quanto all'aptotropismo e al traumotropismo, data la natura speciale

della stimolazione, non può parlarsi tutto al più che di un tropismo in senso positivo nel primo caso e negativo nell'altro: la posizione che l'organo viene ad assumere in natura coll'aptotropismo è la curva, applicata intorno al sostegno; col traumotropismo un'orientazione lontana dalla causa traumatica.

Nelle esperienze, non potendosi eliminare un dato agente tropistico (non è mai possibile per la gravità), se ne neutralizzano gli effetti, almeno nel caso dell'ortotropismo e del diatropismo (p. 167), facendo ruotare lentamente (non deve svilupparsi forza centrifuga sensibile, che agirebbe come stimolo) la pianta intorno a un asse perpendicolare alla direzione del detto agente (clinostato), in modo che due lati opposti vengano successivamente a trovarsi nelle stesse condizioni di fronte ad esso. Per il geotropismo l'asse sarà orizzontale; per l'eliotropismo verticale, se, come per lo più avviene, la luce giunge orizzontalmente.

E quando un dato stimolo tropistico agisce su contrari lati, non parrebbe abbia luogo combinazione di due opposte reazioni (curvature), ma piuttosto la risultante (differenziale) dei due processi d'irritazione si stabilisca già ad uno stadio anteriore, cioè nell'eccitamento. Infatti Fitting ha riscontrato nei viticchi che, irritati in tal modo con la medesima intensità, non solo manca la curvatura, ma la crescenza longitudinale non si modifica affatto, mentre i moti hanno luogo con notevole accelerazione dell'accrescimento, oltrechè al lato convesso, anche lungo la linea media fra questo e il concavo (p. 168). E siccome può osservarsi azione inibitrice sopra una curvatura da parte di stimolazione contraria operata quando quella è gia iniziata, bisogna pensare, come era del resto verosimile, che anche fenomeni d'eccitamento, determinanti i motori, perdurino, almeno per un certo tempo, a compiere la detta funzione (p. 168). Inoltre lo stesso Fitting ebbe occasione di sperimentare nei numerosi casi studiati, che stimolazioni non ugualmente forti di un medesimo agente tropistico, la gravità, le quali però si traducono nella stessa grandezza di curvatura (questa si compie dopo che, irritati gli organi per tempi uguali, si fanno ruotare al clinostato; se lo stimolo perdurasse ad agire unilateralmente sarebbe da aspettarsi, in ogni caso, il raggiungimento della posizione di equilibrio tropistico),

ripetute ad intermittenza per uguali durate in opposti sensi, non equilibrano affatto i loro effetti, e si ottiene un'accentuata inflessione nel senso dell'irritazione maggiore; ciò che mostra la risultante si andò determinando ad uno stadio nel quale i valori differiscono, quindi di necessità precedente la fase motrice (p. 169). In quanto a certi casi osservati di fenomeni di crescenza al clinostato, accennanti al sommarsi processi motori d'irritazioni contrarie (geotropiche), è verosimile che i detti fatti (intensificarsi o anche addirittura ridestarsi dell'accrescimento in nodi caulinari) non appartengano in realtà a processi tropistici, ma sieno solo dovuti a una nuova condizione nella quale viene a trovarsi l'organo (p. 169); è noto che anche nella stazione verticale inversa si modifica la crescenza (p. 164).

La sensibilità tropica è frequentemente localizzata, o almeno più squisita, nella regione apicale estrema degli organi (la quale può venir prima esposta all'azione del tropistico), per modo da rendersi necessaria una trasmissione d'eccitamento, oltrechè in senso trasversale, anche in senso longitudinale (p. 171): in condizioni favorevoli (eliotropismo di organi epigei) è dato seguire il procedere dell'inflessione in senso basipeto lungo tratti non stimolati (p. 171). Fitting con numerose esperienze ha mostrato che in piantine di Avena la curva eliotropica si propaga orientata normalmente, anche se lungo il suo cammino è praticato un taglio interessante la metà e più della sezione trasversale, dalla parte rivolta alla sorgente della luce o dall'opposta, ecc. (in regione tenuta allo scuro; solo l'apicale veniva esposta alle radiazioni). E risultati dello stesse genere si ebbero a proposito del traumotropismo delle radici (Pollock, Fitting) (p. 172). Bisogna pensare che, propagandosi attraverso la porzione rimanente della sezione trasversale una parte della serie d'eccitazioni scaglionate fra il lato stimolato e l'opposto (p. 14), la serie abbia la tendenza a completarsi. Questa trasmissione d'eccitamenti, tropistica, è ben distinta dai casi ricordati nella prima parte del nostro studio, di propagazione di un impulso motore dalla regione sensibile alla motrice, non suscettibile di curvarsi che in un dato senso (organi nastici). L'apice può partecipare alla reazione, come nella maggior parte dei casi di eliotropismo a cui si accennava sopra, mentre altre

volte l'estremità sensibile non è in grado di compiere i processi motori (o in minima misura), sia per esaurita crescenza, come ha luogo ad un certo stadio di sviluppo in piantine di Panicum, Setaria, alle quali già ci riferimmo (eliotropismo; la sensibilità si conserva più a lungo), sia perchè non vi si estende normalmente la zona di elongazione atta a curvarsi, come avviene per le radici (vari tropismi); solo nel tratto successivo, alle eccitazioni che ivi giungono dall'apice, seguono propriamente i processi motori (p. 173).

Merita di essere ricordata in modo speciale la trasmissione che si è sperimentato in molti casi (p. 162) di un eccitamento eliotropico nelle foglie dal lembo al picciolo, tenuto oscurato, in grado di indurre questo ai particolari movimenti necessari per portare la lamina nella voluta posizione normale alle radiazioni.

Notevolissimo è il fatto, già accennato, che si osserva in un certo numero di casi per dati agenti tropistici, provocanti tropismi positivi affine di condurre le piante, gli organi ad usufruirne nelle migliori condizioni; la cui azione entro certi limiti aumenta col crescere della loro intensità (si può constatare ad esempio in certi casi mettendoli in conflitto con un altro agente che non vari, come sarebbe l'eliotropismo che tenda a condurre organi orizzontali, col geotropismo, essendo questi geoortotropi negativi: risultano diverse inclinazioni sull'orizzonte), e, sorpassato quest'ultima un certo valore, va scemando e poi si annulla, determinando ad intensità ancora più elevate rispondenza negativa: l'organo sfugge il tropistico divenuto dannoso. L'induzione dei particolari fenomeni motori più accentuati verrebbe in quest'ultimo caso spostata in punti diametralmente opposti rispetto a quanto ha luogo nella reazione positiva; però devesi notare che mancano studi comparativi fra i processi delle due rispondenze. Di questi comportamenti furono riconosciuti principalmente nell'eliotropismo (p. 139; per le condizioni nelle quali avrebbe luogo la rispondenza negativa si consulti E. Pringsheim: p. 49), nel termotropismo, nel chimotropismo. In altri casi non è compatibile con l'utile della pianta che una sola maniera di rispondenza. Si è visto che inversioni di questa non sono estranee nemmeno a talune nastie.

Ricordo qui che non è raro il fatto del modificarsi l'orientazione di organi verso un dato agente tropistico, principalmente la gravità (passaggio da ortotropi in plagiotropi e viceversa, variazione dell'angolo nel clinogeotropismo, ecc.), senza che vari l'intensità di quest'ultimo, in concomitanza a un certo stadio di sviluppo, mutate condizioni esterne, ecc.; come ha luogo in getti che, prima eretti, si reclinano e divengono striscianti, o che, striscianti, si sollevano nella primavera successiva (Veronica officinalis, Lamium Galeobdolon, ecc.); nei cauli sotterranei di Adoxa e di altre specie, i quali, illuminati, si inflettono all'ingiù, senza che il senso della curvatura offra alcuna relazione con quello della luce; nei rami che spesso non offrono nel proprio decorso la medesima inclinazione; ecc.: fenomeni che biologicamente possono essere di una grande importanza; e non riesce difficile trovarne i riscontri negli animali. È verosimile che, almeno per un certo numero di casi, entrino in campo, anzichè variazioni in un tropismo propriamente detto, in un'altra componente del plagiotropismo alla quale si è accennato innanzi (p. 144, 147, 148, 153, 159). E senza dubbio le dette cause modificatrici della rispondenza si esplicano con modificazioni strutturali, sieno pure a noi non percettibili.

Già si è avuto occasione di menzionare torsioni con cui possono essere ottenuti orientamenti di organi dorsiventrali, come sarebbero foglie, fiori zigomorfi (si combinano anche spesso con curvature), e parrebbe che, almeno in certi casi, sieno dovute veramente a una speciale stimolazione di un dato agente, la gravità o la luce, a somiglianza di tropismi (tortismi; p. 173); ma stimiamo inutile occuparcene particolarmente, giacchè troppa oscurità regna ancora intorno a questi processi, e veniamo senz'altro, dopo aver trattato dei movimenti delle piante fisse al substrato, a quelli d'orientazione di fronte a stimoli degli organismi microscopici vegetali dotati di locomozione, conosciuti col nome di tassie (in senso largo tropismo può comprendere pure tassia), che offrono una analogia ancora maggiore coi moti degli animali.

È noto che le zoospore verdi delle Alghe sciamano verso la luce (o in senso contrario) (p. 173); gli spermatozoidi dei Pteridofiti verso i sali dell'acido malico, quelli dei Muschi verso lo zucchero di canna, le quali

sostanze li attraggono verosimilmente in natura negli organi femminili, ecc.; e si può osservare al microscopio il loro cambiamento di direzione sotto l'azione dei detti stimoli. Così se in una goccia d'acqua ove corrono in tutti i sensi in gran numero spermatozoidi del comune Adiantum cuneatum, introduciamo l'estremità di un capillare contenente una soluzione diluita di malato neutro di sodio, passando in vicinanza dell'imbocco, irritati dal chimotattico che si diffonde, si piegano verso il tubetto, corrono ad esso, e quindi vanno rapidamente raccogliendovisi. Bisogna pensare ad una stimolazione unilaterale (non raggiungendosi al lato opposto la soglia d'eccitazione), o almeno ad un eccesso di questa in corrispondenza di un fianco sull'opposto; e non vi riesce d'ostacolo il moto rotatorio di cui pure son dotati, se si ammette la rispondenza segua assai rapidamente allo stimolo (p. 174).

Però non sempre nei microorganismi il loro accumulo in certi punti, dovuto a movimenti d'irritazione, è ottenuto direttamente con una deviazione del primitivo moto. In un buon numero di casi, per esempio nei Bacteri stimolati da agenti chimici, lo scopo vien raggiunto in maniera differente, con un movimento sempre lo stesso, consistente nella repentina inversione del moto, come scopersero alcuni anni or sono il Rothert e gli americani Jennings e Crosby (p. 177); e lo stimolo non è più necessario agisca assimmetricamente sul corpo. I Bacteri vengono adunati in gran copia, per esempio da estratto di carne, che costituisce per essi un ottimo alimento, pure offerto in un capillare alla goccia che li contiene. E si riconobbe, seguendo il loro cammino, che procedono indisturbati, e se spontaneamente sono condotti ad avvicinarsi al tubetto, indi se ne allontanano, continuando nella direzione primitiva; ma giunti ad una certa distanza, dove il chimotattico diffondentesi è molto diluito (o non più contenuto nel liquido), bruscamente tornano indietro, si approssimano di nuovo al capillare, e poi discostandosene, alla stessa distanza dall'imbocco offrono un nuovo sbalzo all'indietro; e il giuoco si continua. Come si vede, agisce quale stimolo il passaggio da un certo tenore della sostanza ad uno inferiore. I microbii restano in tal modo prigionieri in un'area tutto intorno al tubetto dalla quale non possono sfuggire; e siccome il loro moto non è assolu-

tamente rettilineo, e nell'invertirlo per lo più non conservano esattamente la primitiva direzione, finiscono col penetrar nel capillare; ad ogni modo l'accumulo intorno all'imbocco precede il loro riunirsi nell'interno del tubetto. Questi improvvisi moti all'indietro per effetto di stimoli (fobismi), pure conosciuti in organismi inferiori non vegetali (Infusori ciliati), si considerano, tenuto conto della loro finalità, come tassie (corrisponderebbero realmente alle nastie delle piante superiori), distinguendole col nome di fobotassie da quelle di cui sopra, nelle quali è in giuoco una deviazione dell'asse del corpo, dette topotassie. E le une e le altre possono anche cooperare allo stesso effetto, come è stato constatato negli spermatozoidi dei Pteridofiti: una volta attirati nel capillare sono impediti di sfuggirne con fobismi (p. 179). Oltrechè fobismi dovuti a stimoli chimici, ne abbiamo anche determinati, per esempio, da variazioni nella luce (repentina diminuzione), come nel Chromatium photometricum e in generale in Bacteri purpurei; noti assai prima delle fobochimotassie per opera di Engelmann: i detti microorganismi vengono adunati in piccole areole luminose proiettate nella goccia di cultura (p. 180). In quanto alle modalità con cui si compie il movimento fobico, nei Bacteri in cui non è distinta un'estremità anteriore dalla posteriore (per esempio Bacillus Solmsii, Amylobacter), come era da aspettarsi, non ha luogo rivolgimento dell'asse del corpo, che si produce negli spermatozoidi; mentre nei fotofobismi dei Bacteri purpurei, provvisti di cigli solo all'estremità anteriore, non avvenendo il detto rivolgimento, abbiamo uno sbalzo all'indietro solo per breve tratto (con rotazione del corpo in senso contrario al primitivo), e subito riprendono il cammino allo avanti. Altri studi decideranno come si comportano precisamente i Bacteri organizzati come questi ultimi nelle fobochimotassie (p. 180).

Date le nozioni poco precise che possediamo intorno alla meccanica della locomozione, tralasciamo di fermarci sui fenomeni motori con cui sono ottenute le descritte reazioni.

Le tassie hanno pei vegetali microscopici la stessa importanza che spetta ai tropismi delle piante fissate al substrato. Come in queste può avvenire che, sorpassando l'intensità dello stimolo un certo valore, in

modo da dar luogo ad effetti nocivi, la tassia diventi negativa (apotassia; contrapposta a protassia, tassia positiva), e i microorganismi sono indotti a fuggire. Nelle chimotassie sembrerebbe che tutti i casi di apotassia consistano in fobismi, anche quando la tassia positiva è di natura topica (p. 181): l'eccitazione al movimento all'indietro vien provocata con giungere ad una concentrazione troppo elevata; ed anzi in un certo numero di casi il composto agirebbe, non per le sue proprietà chimiche, ma osmoticamente, assorbendo acqua (osmotassia) (p. 181). Del resto, a somiglianza di quanto avviene in tropismi, si conoscono numerosi esempi di apotassie a cui non corrispondono tassie positive per intensità minori dell'agente stimolante, il quale riesce sempre dannoso. Non è però da aspettarsi che i microbii abbiano la capacità di preservarsi in ogni caso da agenti nocivi. Così, secondo Pfeffer, il Bacterium Termo ed altri microorganismi entrano in capillari che contengono oltre a 0,02 % di cloruro potassico, eccellente chimotattico positivo, anche 0,01 % e perfino 0,05 % di sublimato corrosivo, sostanza quest'ultima che non hanno occasione di incontrare in natura; benchè vi trovino tosto la morte (p. 183).

La qualità della rispondenza tattica in certi casi può modificarsi col variare di condizioni interne od esterne, come per esempio si può osservare in zoospore verdi, che coll'età tendono a sfuggire la luce nelle loro stazioni naturali, portandosi al fondo dove si fissano, mentre nello stadio giovanile sciamano alla superficie (p. 183). Così pure una inversione della fototassia ha luogo in certe zoospore e anche in Flagellati a basse temperature; per esempio quelle di Haematococcus, mentre a 16-18° C. si raccolgono al margine della goccia volto alla finestra, se vengono esposte al freddo di 4° d'ordinario quasi tutte passano all'opposto (p. 184): anche questo comportarsi può essere utile all'organismo; ecc.

Pochissimo ci è noto intorno alla localizzazione della sensibilità. Engelmann (p. 184) ha dimostrato che nel fobismo dell'Euglena, indotto da variazione nella luce, non è sensibile che la parte anteriore ialina del corpo. Con opportuno movimento dello specchio del microscopio, per esempio, faceva vagare il confine dell'ombra sul corpo del Flagellato dallo indietro allo avanti; ed ebbe per risultato che non si dà la

reazione se non quando l' ombra viene a colpire la detta porzione ialina. Ivi esiste, come è noto, una macula colorata (stigma), e si riteneva che ad essa fosse dovuta la recezione dello stimolo; ma l'autore, sperimentando su individui molto grossi e a moto relativamente lento, ebbe modo di accertare che, nel muovere l'Euglena dalla luce allo scuro, ha luogo la reazione prima che lo stigma entri in quest'ultimo. I flagelli del Chlamydomonas Pulvisculus sono sensibili a stimoli meccanici (rispondenza fobica; p. 184).

Oltre le tassie alle quali si è avuto occasione di accennare, si conoscono geotassia, termotassia, galvanotassia, reotassia, idrotassia; queste due ultime in plasmodi di Myxomiceti. E ricordo in particolare che si collegano alle tassie, nei vegetali non dotati di locomozione, i moti d' orientamento di cloroplasti di fronte alla luce; ed anzi è noto che i tabulari delle Mesocarpee, se questa è moderata, si dispongono normalmente alle radiazioni: avremmo quindi diatassia. Sieno pure menzionati gli accumuli unilaterali del plasma e spostamento del nucleo che hanno luogo nelle cellule di tessuti in seguito ad azioni traumatiche, entro una piccola area intorno agli elementi colpiti, dalla parte di questi ultimi (p. 184).

SVOLGIMENTI E BIBLIOGRAFIA

[1]) L'azione degli stimoli come cause determinanti e la loro necessità per le funzioni di ogni organismo furono messe esaurientemente in evidenza dal maestro della Fisiologia delle piante, W. Pfeffer. Si veda la *Pflanzenphysiologie.*

[2]) Possiamo però avere in piante fisse al substrato proiezioni di parti che si distaccano, ma nelle quali non è in giuoco un processo d'irritazione; solo parrebbe entri in campo a proposito del movimento (serve all'impollinazione) dei pedicelli (stipes) portanti i pollinii nelle Orchidee esotiche Catasetum e affini, che vengono lanciati a una certa distanza, giacchè il fenomeno può ottenersi esercitando una debole azione meccanica in una parte notevolmente lontana dalla regione attiva, e non in grado di farsi sentire come tale su quest'ultima. Mi limito ad indicarli qui perchè non è ancora stata studiata la loro fisiologia. (Si veda C. Darwin - *I diversi apparecchi col mezzo dei quali le Orchidee vengono fecondate dagli insetti, Trad. di Canestrini e Moschen, p. 129;* L. Jost - *Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, 1908, p. 507;* Haberlandt nel suo lavoro *Sinnesorgane im Pflanzenreich* [*1906, 2.ª ediz.*] descrive particolarità anatomiche che sarebbero in relazione colla percezione dello stimolo).

[3]) Estrema sensibilità in cirri di Sycios angulatus: W. Pfeffer - *Zur Kenntniss der Kontaktreize - Unters. a. d. bot. Inst. z. Tübingen, I, 1885, p. 506.* Naturalmente, come per la Drosera, deve aversi una condizione di non immobilità affinchè si dia la stimolazione (p. 114).

[4]) Estrema sensibilità a stimoli meccanici nella Drosera: C. Darwin - *Le piante insettivore, Trad. di Canestrini e Saccardo, 1878, p. 22.*

[5]) Idem a stimoli chimici: C. Darwin - *l. c., p. 110.* (Si tratta veramente di $\frac{1}{2.000.000}$ e non di $\frac{1}{20.000.000}$ come è indicato nella traduzione).

[6]) Squisita sensibilità termonastica in foglie perigoniali di Crocus: W. Pfeffer - *Physiologische Untersuchungen, Leipzig, 1873, p. 183.*

[7]) Il Guttenberg *(Jahrb. f. wiss. Bot., 1907, XLV, p. 221)* ha mostrato che i cotiledoni eziolati di Avena sativa, i quali non si curvano con una intensità luminosa di 0,0004 candele Hefner se verticali (sorgente costituita da una lampada elettrica al tantalio), si inflettono notevolmente alla luce di 0,000008 candele se in rotazione al clinostato in modo da equilibrarsi l'azione tropistica della gravità, non ostacolante più l'eliotropismo. Il Figdor *(Versuche über die heliotropische Empfindlichkeit der Pflanzen - Sitz. d. Akad. d. Wissensch. in Wien, 1893, CII, Abt. I, p. 45)*, sperimentando su piantine eziolate pure immobili, con fiamme a gas, aveva riscontrato in alcune specie capacità di rispondenza eliotropica per intensità luminose inferiori a 0,0003 candele. (In quanto ai valori di gran lunga minori di quest'ultimo, ottenuti da O. Richter nelle stesse condizioni [*Sitz. cit., 1906, CXV, Abt. I, p. 265*], si devono all'aver riferito l'unità di luce alla distanza di 1 cm anzichè di 1 m dalla sorgente unitaria; e avuto riguardo a ciò v'è accordo completo con valori di Figdor). E devesi ancora tener presente che nell'eliotropismo sono principalmente attivi i raggi più rifrangenti.

[8]) F. Czapek - *Untersuchungen über Geotropismus - Jahrb. f. wiss. Bot., 1895, XXVII, p. 305.* Nel lavoro recentissimo del Bach: *Ueber die Abhängigkeit der geotropischen Präsentations- und Reaktionszeit von verschiedenen Aussenbedingungen - Jahrb. f. wiss. Bot., 1907, XLIV, p. 80* sono indicati i risultati ottenuti da questo autore e da altri con forze centrifughe superiori a 0,001 g.

[9]) Come è noto, si chiama « tempo di presentazione » la durata minima d'azione dello stimolo richiesto affinchè si ottenga una curvatura chiaramente riconoscibile. « Tempo di reazione » è l'intervallo che decorre fra l'inizio di una stimolazione e quello del movimento provocato.

Pei tempi di presentazione geotropica si veda il lavoro del Bach citato nella nota precedente (*p. 63*). A seconda dello svariato materiale su cui sperimentò possono essere di alcuni minuti primi (anche solo 2, frequentemente 3), altre volte alquanto di più e persino (ipocotili di Lupinus albus) 20-25'. La stimolazione aveva luogo nella posizione optimum per l'azione tropistica della gravità, cioè l'orizzontale, al clinostato; e trascorsa la durata voluta l'apparecchio veniva posto in movimento, in modo che la gravità non agisca più unilateralmente. Anche a Fitting *(Jahrb. f. wiss. Bot., 1905, XLI, p. 362)* dobbiamo alcune di queste determinazioni, con risultati i quali, tenendo conto dell'influenza che può esercitarvi una differenza di temperatura anche non forte, sono in accordo con quelli del Bach. Come si vede, quantunque inferiori ai valori che venivano accettati fino a questi ultimi tempi, riescono ancora notevoli, e devesi por mente che bisogna aumentarli per avere curve accentuate.

Mancano dati precisi sui tempi di presentazione per l'eliotropismo, a proposito del quale si abbia anche presente che richiedesi un previo adattamento delle strutture irritabili al grado di luce agente, come fu riscontrato da E. Pringsheim (p. 49).

Riguardo ai tempi di reazione si veda a p. 76.

[10]) La stimolazione geotropica intermittente fu posta in campo da vari autori e sperimentata a fondo da Fitting *(Untersuchungen über den geotropischen Reizvorgang, I e II - Jahrb. f. wiss. Bot., 1905, XLI, p. 221, 331)*. Questi ideò apposito apparecchio che si adatta facilmente al clinostato di Pfeffer e permette di mantenere le piante, orientate normalmente all'asse del detto clinostato, per il tempo voluto alternativamente in due posizioni diverse, per esempio l'orizzontale di stimolazione e la verticale di non stimolazione, riuscendo possibile al momento opportuno far seguito al movimento intermittente, l'uniforme e viceversa (si veda la descrizione che ne dà l'autore nel lavoro citato,

I, p. 233; un clinostato intermittente meno perfetto era già stato adoperato da F. Darwin e Miss Pertz). Inoltre l'autore in altre esperienze imaginò di tener disposto l'asse del clinostato, non orizzontale, ma obliquo. In questo modo, avendo cura che gli organi su cui si sperimenta riescano inclinati sull'asse così da descrivere nella rotazione un tronco di cono, si può farli passare (e quindi anche permanere) in due posizioni in alto e in basso disugualmente inclinate sull'orizzonte, non esclusa l'orizzontale e la verticale. E il Fitting ebbe appunto i risultati più notevoli (*l. c. I, p. 291*) coll'asse obliquo; anzi non combinava nemmeno queste due ultime stazioni, ma l'orizzontale con l'inclinazione di 45° rispetto all'orizzonte, che corrisponde pure a una stimolazione, ma più debole, e nelle condizioni dell'esperienza tendente a provocare inflessione in senso contrario; inoltre faceva marciare l'apparecchio con moto continuo anzichè intermittente, il che riduce ancora l'eccesso di stimolazione al quale è dovuta la curvatura, giacchè l'organo nel descrivere il tronco di cono intorno all'asse di rotazione, non permane che un istante nelle due posizioni estreme anzidette, ed entrano in giuoco principalmente gli stimoli agenti lungo le altre generatrici delle due metà superiore e inferiore della superficie conica descritta, le quali, diametralmente opposte, differiscono tra di loro meno che nelle estreme e tanto meno quanto più da esse lontane. Sperimentò in queste condizioni con durate di rotazione di 1" su fusticini di varie specie (epicotili di Vicia Faba, Phaseolus multiflorus e ipocotili di Helianthus annuus) e su culmi di Hordeum (per questi ultimi si veda a *p. 303*), e anzi in taluni casi (Helianthus annuus) solo di $^2/_3$ di secondo, ottenendo notevoli curve geotropiche (negli esemplari più vicini all'asse di rotazione; negli altri si fa sentire l'azione della forza centrifuga). E si noti, bisogna ammettere che lo stimolo della gravità venga [illegible]sentito, non solo in seguito alla durata d'esposizione ad esso di circa $^1/_2$ dei periodi di rotazione, ma per tempuscoli assai minori, modificando continuamente gli organi la propria orientazione nel descrivere il tronco di cono. In quanto alla durata di rotazione di 1", $^2/_3$ di secondo, non pare potrebbe venir ridotta ancora notevolmente senza che si renda malagevole definire i risultati a causa della forza centrifuga. (Esperienze su svariato

materiale aveva eseguito l'autore con velocità alquanto minori, per lo più con rotazione in 6', ottenendo il medesimo risultato; e lo stesso senza dubbio avrebbe avuto luogo con movimento più rapido).

Naturalmente è più facile operare con stimolazione intermittente nell'eliotropismo. Basta sperimentar a luce artificiale in camera a pareti e tavolo su cui stanno le piante anneriti, disponendo fra queste e la sorgente, per esempio un disco (pure nero) con intagli diretti secondo i raggi, e al quale viene impresso un moto rotatorio (a mezzo di elettromotore). E le singole durate di esposizione possono essere rese estremamente piccole, senza che sul materiale di studio vengano ad agire cause perturbatrici. Abbiamo le ricerche ancora più recenti di A. Nathansohn e E. Pringsheim (*Ueber die Summation intermittierender Lichtreize - Jahrb. f. wiss. Bot., 1907, XLV, p. 137*), i quali sperimentarono su piantine (eziolate) di diverse specie (principalmente di Brassica Napus), riducendo le singole stimolazioni anche ad $\frac{1}{500}$ di secondo, con gli stessi risultati di sommazione che per esposizioni assai più lunghe (si veda a p. 45). E devesi ricordare che già nella *Pflanzenphysiologie* del Pfeffer (*II, 1904, p. 621*) è indicato come in grado di venir percepito il più breve lampo di luce. Parrebbe quasi non esista un limite inferiore.

S'intende esser necessario che nei singoli periodi la fase di non stimolazione non sorpassi una certa durata di fronte a quella di stimolazione, perchè altrimenti gli effetti di questa potrebbero esaurirsi prima che intervenga la successiva, e non sarebbe possibile la sommazione. Per l'eliotropismo il rapporto fra la fase di stimolo e la succ. pausa con risultato negativo deve riuscire assai piccolo, giacchè con 1 : 15 si avrebbero ancora gli stessi effetti che per stimolazione continua della stessa durata effettiva; mancano esperienze per rapporti inferiori. Riguardo al geotropismo, secondo Fitting (vengono combinati insieme la posizione orizzontale con la verticale, e i periodi sono di 50" — 12'), negli epicotili di Vicia Faba, Phaseolus multiflorus e negli ipocotili di Helianthus annuus (*l. c. II, p. 337*) mancano sempre le inflessioni col rapporto 1 : 16, e l'autore ebbe ancora una curvatura assai debole con 1 : 11; verosimilmente il limite inferiore è 1 : 12 o 1 : 13. E potè rile-

vare (*l. c., p. 358*) che negli epicotili di Vicia Faba, se non inferiore ad 1 : 5, oltrechè verificarsi la medesima intensità di reazione, si dà anche un uguale tempo di presentazione (p. 34) rispetto a piantine di controllo tenute ininterrottamente orizzontali (6-7'); il che permetterebbe di concludere che le due stimolazioni si equivalgono realmente (nota [12]). Abbassando il detto rapporto, oltrechè diminuire la curvatura provocata, cresce il tempo di presentazione: per 1 : 7 è di 7-8', per 1 : 11, 12-15' (nell'ultimo caso reazione debolissima). Una parte degli effetti delle singole stimolazioni si perde nelle successive pause. Risultati essenzialmente simili ebbe pure con gli ipocotili di Helianthus annuus. In altri casi deve aversi un rapporto considerevolmente più elevato affinchè si ottengano ancora curve geotropiche. Negli epicotili e radici di Ervum Lens e nei fusticini di Sinapis alba e Sinapis arvensis (*l. c., p. 340*) queste hanno sempre luogo per il rapporto 1 : 2,5; se 1 : 3 in molte culture il risultato è negativo.

[11]) Tratteremo della legge di Weber nel mondo vegetale, la quale stabilisce, come si è visto, che l'effetto di un aumento nell'intensità dell'agente stimolante non dipende dal valore assoluto dell'incremento, ma dal suo rapporto col primo valore, e precisamente, che questo rapporto deve riuscire costante affinchè appena si manifesti il predetto effetto. A pagina 48 sarà indicato un caso nel quale è stata verificata a proposito della relazione fra la durata della stimolazione e l'irritazione provocata.

Gli studi sono stati compiuti nei tropismi facendo agire lo stimolo su opposti lati con differente intensità, e determinando il rapporto minimo fra l'una e l'altra per diversi valori della minore affinchè si ottenga una reazione (chiaramente percettibile). Abbiamo innanzi tutto le ricerche del Massart sull'eliotropismo dei peduncoli sporangiferi di Phycomyces nitens (*La loi de Weber vérifiée pour l'héliotropisme d'un champignon - Bull. de l'Acad. d. Scienc. d. Belgique, 3.ª Ser., 1888, XVI, p. 590*). Questi, sviluppati in piccole culture, venivano disposti in serie (in maniera però da non ombreggiarsi), e illuminati in opposti sensi da una medesima sorgente (lampada a petrolio a doppia

corrente d'aria; costanza verificata con saggi fotometrici), che vi invia i raggi mediante due specchi (le culture sono ricoperte da una cassa rettangolare allungata, annerita all' interno, al disopra del mezzo della quale [*O*] sta la lampada, e le sue radiazioni giungono sui Phycomyces dalle due estremità aperte, ad uguale distanza dalle quali stanno gli specchi). Evidentemente il peduncolo di mezzo, situato sotto la lampada, ricevendo uguali quantità di luce da una banda e dall'altra, non deve curvarsi, e lo stesso potrebbe aver luogo per quelli più prossimi; gli altri si inflettono, quelli di destra verso destra e quelli di sinistra verso sinistra, perchè, più vicini agli specchi posti rispettivamente da queste parti, ricevono da essi luce in maggior copia. Indicando con a il cammino percorso dalle radiazioni per giungere dalla sorgente al Phycomyces di mezzo in O e con b la distanza da questo di altro che si incurva, noi sappiamo dalla Fisica che le intensità della luce da cui viene colpito in opposti sensi quest' ultimo stanno nel rapporto

$$\frac{(a + b)^2}{(a - b)^2}$$

Il Massart, facendo variare il valore di a (con modificare la distanza dei due specchi dal punto O), determinò in un buon numero di casi questo rapporto pei Phycomyces più vicini al mezzo che si curvano, prolungando l'osservazione per 4 ore; e trovò che riesce sensibilmente costante (1,18). Però, protraendola ancora, si può osservare l' inflessione anche in quelli prossimi ad O; il che mostra la soglia di discriminazione per l' intensità luminosa è realmente minore del valore dato. E minore ancora apparirebbe al clinostato (asse orizzontale), perchè bisogna tener presente che nelle condizioni ordinarie il geotropismo si oppone al movimento eliotropico. E devesi por mente che nelle determinazioni del Massart sono in giuoco, almeno in parte, i tempi di reazione, e siccome dall'uguaglianza di questi non si può dedurre all'uguaglianza degli effetti irritanti provocati che entro certi limiti (si veda Nathansohn e E. Pringsheim - *Ueber die Summation intermittierender Lichtreize - Jahrb. f. wiss. Bot., 1907, XLV, p. 146*), i risultati riuscirebbero alquanto meno significativi di quanto può apparire a prima vista.

Nathansohn e E. Pringsheim (*l. c., p. 162*), facendo agire la luce in

contrari sensi ebbero incurvamento in tutta la serie delle piantine di Brassica Napus su cui sperimentarono, venendo indicata capacità a percepire l'aumento unilaterale di $^1/_{100}$ nella luce ricevuta. Ma intercalando fra le sorgenti e i fusticini dei vetri affumicati identici, in modo da diminuirla nella stessa proporzione da una parte e dall' altra, ne veniva ritardo ed affievolimento di reazione per le piantine più vicine al punto ove si uguagliano le due intensità luminose; il che non dovrebbe aver luogo se la misura di questa dipende solo dal rapporto fra le due stimolazioni opposte, e non anche dai valori assoluti. E gli autori inclinano a non ammettere la legge di Weber (pei processi reattivi); ma è da obbiettare che l'esposizione anteriore a luce forte potrebbe essere in grado di deprimere la sensibilità, ed altro risultato può attendersi cominciando prima a sperimentare con debole luce e intensificandola in seguito.

Da quanto si esporrà nella nota [12]) a proposito del geotropismo, si deduce indirettamente, come vedremo, che la legge di Weber deve applicarsi anche in riguardo all'intensità di questa stimolazione. E si potrebbe cercarne la verificazione sperimentale per valori dello stimolo inferiori a lg, disposte, per esempio piantine, sul clinostato intermittente ad asse inclinato, oblique su questo, con determinare i valori estremi degli angoli che le due posizioni in alto e in basso ove le piantine permangono alternativamente (a cui corrispondono induzioni in senso contrario) formano colla verticale per differenti inclinazioni dell'asse dell'aparecchio, affinchè si ottenga ancora l' inflessione geotropica (come è noto, se simmetriche rispetto all'orizzonte, gli effetti si equivarrebbero), e traducendo i valori angolari nei loro seni, giacchè, come vedremo a p. 165, le stimolazioni sarebbero dovute alla componente della gravità normale all'asse degli organi, quindi riescono proporzionali ai seni dei detti angoli (Fitting eseguì esperienze di questo genere; però col clinostato a movimento continuo: *Untersuchungen über den geotropischen Reizvorgang, I - Jahrb. f. wiss. Bot., 1905, XLI, p. 303,* e non possiamo quindi servircene per questo scopo). Più complicate, ma non tecnicamente impossibili, riuscirebbero le ricerche per valori dello stimolo superiori ad lg (forze centrifughe).

Miyoshi avrebbe verificato la legge per il chimotropismo di ife fungine e di budelli pollinici. Otteneva concentrazioni differenti del chimotropico ai due lati di questi filamenti, seminando le spore o i grani di polline sopra piccole lamelle di collodio con forellini nel mezzo, che includeva fra due striscie di carta da filtro incrociate, nelle quali venivano mantenute debolissime correnti di soluzione della sostanza attiva (con affondarne un'estremità piegata nel liquido che sgocciola lentamente all'altra estremità), la meno concentrata inzuppante la striscia superiore. Nei tubetti pollinici di Agapanthus umbellatus, adoperando saccarosio, gli risultò necessario per avere una deviazione il rapporto fra la concentrazione delle due soluzioni 5 : 1, per valori differenti della più diluita (M. Miyoshi - *Ueber Reizbewegungen der Pollenschläuche - Flora, 1894, LXXVIII, p. 81);* e sperimentando sul micelio della Saprolegnia colla stessa sostanza, 10 : 1 (*Ueber Chemotropismus der Pilze - Bot. Ztg., 1894, p. 20*).

Dai tropismi veniamo naturalmente alle tassie topiche, delle quali furono studiate sotto il punto di vista che ci occupa, ed estesamente, quelle dovute a stimoli chimici. Gli spermatozoidi topochimotattici sono contenuti in una goccia di soluzione del composto attivo, il quale viene ad essi offerto più concentrato in un capillare. Le ricerche relative di Pfeffer (*Locomotorische Richtungsbewegungen durch chemische Reize - Unters. a. d. bot. Instit. z. Tübingen, 1884, I, p. 397*) furono le prime istituite nel regno vegetale sulla legge di Weber. Egli trovò che a proposito degli spermatozoidi di Adiantum cuneatum, sia che la goccia ove stanno contenga 0,0005 %, 0,001 %, 0,01 % o 0,05 % di acido malico neutralizzato, viene ottenuto un accumulo non indubbio solo quando il tenore della soluzione di questo composto attivo è nel capillare 30 volte maggiore, cioè rispettivamente del 0,015 %, 0,03 %, 0,3 %, 1,5 %. Per quelli di Salvinia natans Shibata riscontrò necessario il rapporto 50 : 1 (*Studien über die Chemotaxis der Salvinia-Spermatozoiden - Bot. Magaz., Tokyo, 1905, XIX, p. 40*), e lo stesso dicasi per gli Equisetum (Shibata - *Ueber die Chemotaxis der Spermatozoiden von Equisetum, Vorl. Mitteil. - Idem, p. 81*), sempre relativamente allo stesso composto. Riguardo alla chimotassia di questi ul-

timi anterozoidi verso gli alcaloidi, la detta proporzione è 30 : 1 (Shibata - *Weitere Mitteilung über die Chemotaxis der Equisetum-Spermatozoiden - Idem, p. 130*). Gli spermatozoidi di Isoëtes japonica invece, pure secondo Shibata, non reagiscono se non quando la concentrazione del capillare in malato è un 400 volte superiore rispetto alla goccia (*Studien über die Chemotaxis der Isoëtes-Spermatozoiden - Jahrb. f. wiss. Bot., 1905, XLI, p. 572)*; così pure di fronte agli acidi fumarico, succinico, tartrico il rapporto richiesto sarebbe 200-400 : 1 (Shibata - *l. c. in Jahrb., p. 575*). Da ricerche del Pfeffer sembra che la legge di Weber si applichi anche agli spermatozoidi dei Muschi (Funaria), attratti da saccarosio; l'anzidetto rapporto, non precisato, è inferiore a 50 : 1 (*l. c., p. 432*).

E la legge di Weber vale anche a proposito delle chimotassie fobiche, nelle quali l'irritazione è dovuta, non già a stimolazione unilaterale, ma al passaggio da una certa concentrazione del chimotattico ad una inferiore (per la rispondenza in senso positivo). E il rapporto minimo fra l'una e l'altra richiesto per la reazione, è minore dei valori dati nelle topochimotassie. Esso fu riscontrato da Pfeffer per il Bacterium Termo a proposito dell'estratto di carne 5 : 1; se 3 : 1 l'accumulo dei Bacteri resta dubbio, ed è considerevole se 8-10 : 1 (*Ueber chemotaktische Bewegungen von Bacterien, Flagellaten und Volvocineen - Unters. a. d. bot. Instit. z. Tübingen, II, 1888, p. 633*). E nello Spirillum rubrum fu sperimentato da Kniep pure 5 : 1 in riguardo al cloruro di potassio e al cloruro di ammonio (*Untersuchungen über die Chemotaxis von Bacterien - Jahrb. f. wiss. Bot., 1906, XLIII, p. 241*) e ai solfati di questi stesssi metalli (*l. c., p. 242*). Più elevato, 17 : 1, venne riconosciuto dallo stesso autore in una specie di Bacillus indeterminato relativamente all'azione dell'asparagina, costituente per esso un potente chimotattico (*l. c., p. 237*).

I valori dati, come si è visto, hanno una certa latitudine, ed anzi a proposito delle chimotassie è a notarsi che i rapporti realmente attivi devono essere inferiori a quelli indicati, giacchè il chimotattico agisce sui microorganismi diffuso intorno all'imbocco del capillare, quindi più diluito; e sarebbe interessante studiare entro quali limiti alla co-

stanza dei valori dati corrisponde costanza dei rapporti effettivi. Ed è manifesto che, sia pure in minor grado lo stesso può dirsi per il chimotropismo.

E che la legge di Weber debba verificarsi solo entro dati limiti di attività dello stimolo è indicato dal fatto che in un certo numero di irritazioni tropistiche, con aumentare l'intensità della stimolazione oltre un certo valore, la rispondenza, anzichè crescere, diviene meno accentuata, e si ha indi la reazione di segno contrario.

Del resto non mancano numerosi esempi di deviazioni constatate. Così il Shibata (*l. c. in Jahrb., p. 574*) riscontrò che il rapporto minimo 400 : 1 per gli spermatozoidi di Isoëtes japonica verso malato neutro di sodio, che abbiamo visto, vale solo quando il contenuto della goccia in questo sale è 0,0001-0,00001 Mole (peso molecolare tradotto in grammi, disciolto in un litro d'acqua), mentre se 0,000001 Mole, riesce inferiore, 200-300 : 1 (la soglia per la reazione è 0,00005 Mole). Il Kniep (*l. c., p. 241*) rileva che il rapporto minimo 5 : 1, valevole, come si è detto, per la chimotassia dello Spirillum rubrum di fronte al cloruro di sodio, si eleva se si danno nella goccia concentrazioni molto basse, e scende invece per concentrazioni relativamente forti.

Riguardo all'osmotassia (fobismo), Massart (*Sensibilité et adaptation des organismes à la concentration des solutions salines - Archives de Biologie di Van Beneden et Van Bambeke, 1889, IX, p. 547*), il quale aveva riscontrato che sullo Spirillum Undula contenuto in una goccia di cultura ordinaria, il cloruro di sodio in 0,05 Mole offerto nel capillare insieme a carbonato di potassio a 0,0005 Mole (eccellente chimotattico positivo) non permette accumulo che all'imbocco del capillare, appalesandosi che a proseguir oltre si oppone l'azione repellente dell'osmotattico, ebbe lo stesso effetto quando, aumentando la quantità di NaCl, questo sale vien pure addizionato al liquido di cultura, date le seguenti proporzioni (il contenuto del capillare in K_2CO_3 non varia):

Quantità di cloruro di sodio contenute nel capillare	Quantità contenute rispettivamente nella goccia
0,20 Mole	0,05 Mole
0,25	0,06
0,40	0,09

E si vede che il rapporto fra il cloruro di sodio nel tubetto e nella goccia non resta sempre costante.

E qui trova posto un caso tratto dalle nastie delle piante superiori. Il Correns, nelle sue esperienze sui movimenti d'irritazione dei filamenti staminali di Berberis evacuando sotto la campana della macchina pneumatica dove stanno i fiori (è attiva la sottrazione di ossigeno), determinò che si ottengono diminuendo la pressione a circa $^1/_{10}$ della normale; orbene se, dopo che in queste condizioni gli stami hanno ripreso la posizione di riposo, si procede a una ulteriore rarefazione, il movimento ha luogo in generale prima che la pressione venga ridotta ancora a $^1/_{10}$ della rimanente, per esempio già a $^{17}/_{100}$ (*Ueber die Abhängigkeit der Reizerscheinungen höherer Pflanzen von der Gegenwart freien Sauerstoffes - Flora, 1892, p. 107*).

E ritornando alle tassie, nella chimotassia negativa (probabilmente di natura fobica) degli spermatozoidi di Isoëtes japonica verso l'acido cloridrico libero, Shibata (*l. c. in Jahrb., p. 581*) sperimentò che, avendosi nel capillare 0,002 Mole di questo acido mescolato al chimotattico positivo malato neutro di sodio (0,001 Mole), i detti spermatozoidi vengono respinti con uguale energia, sia che la goccia non contenga affatto acido o ne abbia 0,0001, 0,0002, 0,0005 Mole; il che è assai notevole, e fa sorgere qualche dubbio sull'applicazione della legge di Weber. Che l'azione ripulsiva degli acidi liberi sugli spermatozoidi dei Pteridofiti cresca energicamente con aumentare la concentrazione, è provato del resto dal noto comportamento verso l'acido malico, che diluitissimo attrae come i malati neutri, ma con aumentarne il tenore provoca ripulsione, indicando che le qualità acide hanno preso il so-

pravvento sulle qualità chimotattiche positive, le quali si manifestano quando l'acidità è neutralizzata.

La legge di Weber non si applicherebbe alle curve termonastiche dei cirri secondo le ricerche di Correns (*Zur Physiologie der Ranken - Bot. Ztg., 1896, p. 6*): più elevata è la temperatura iniziale e minore sembra l'aumento di calore necessario per provocare la reazione. Così in viticchi di Sicyos che vengono immersi nell'acqua tiepida, si hanno curve pei seguenti passaggi:

Temperatura dell'aria		Temperatura dell'acqua
da 19°	a	27°,5 (eccesso 8°,5)
» 21°,5	»	29° (» 7°,5)
» 22°	»	29° (» 7°)

Il detto comportamento si spiegherebbe col fatto che, quando la temperatura dell'ambiente è più elevata, il cirro trovasi in condizione di più squisita sensibilità, e per conseguenza in grado di reagire a un minor stimolo.

Questa considerazione deve ad ogni modo tenersi presente anche per le termotassie dei microorganismi, nelle quali Mendelssohn ha mostrato non ha luogo la legge di Weber (*Quelques considérations sur la nature et le rôle biologique de la thermotaxie - Journ. d. Physiol. et d. Patol. gén., 1902, IV, p. 491*; si vedano anche altri studi del medesimo autore pubblicati nello stesso volume, specialmente quanto è detto a *p. 406*).

Come è noto, la legge di Weber si verifica nell'uomo a proposito delle relazioni fra gli stimoli e le sensazioni provocate, ed è ancora controverso se si può realmente attribuire la stessa misura (ben inteso entro certi limiti) agli aumenti minimi di sensazione dovuti a incrementi dello stimolo nello stesso rapporto, cioè se crescendo gli stimoli in progressione geometrica le sensazioni aumentano in progressione aritmetica (legge di Fechner; si veda per es. *R. Tigerstedt - Lehrbuch der Physiologie des Menschen, II, 1898, p. 78*). Nelle piante ove sono da considerarsi fenomeni obbiettivi in seguito ai detti incrementi, la questione si presenta in maniera assai più accessibile, e si inclinerebbe a risolverla in senso affermativo, offrendo

anche un certo contributo alla soluzione del problema nel mondo animale. Le eccitazioni (le sensazioni nell'uomo e negli animali si possono pensare facies subbiettive di fenomeni d'eccitazione) varierebbero secondo i logaritmi degli stimoli (come è noto questo corrisponde alla relazione di cui sopra), e operando due opposte stimolazioni tropistiche dello stesso agente, la reazione risultante sarebbe dovuta al sottrarsi dei due eccitamenti contrari indotti, restando attiva la differenza; ipotesi verosimile, dal momento che, come si è esposto nello Studio d'insieme dei movimenti d'irritazione, se identiche le misure delle due stimolazioni, pare realmente che il neutralizzarsi dei loro effetti sia dovuto, non alla combinazione di due curvature uguali e contrarie, ma si compia già nell'eccitazione (ad un anello della catena di questi processi). In quanto alla proporzione fra i fenomeni d'eccitamento e i reattivi propriamente detti, non dobbiamo intenderla in un senso molto stretto, come appare dal fatto che in certi casi, entro dati limiti, ad eccitazioni disugualmente intense possono corrispondere uguali intensità di reazione (p. 169; la Mimosa offrirebbe il caso estremo). E la relazione che abbiamo visto collo stimolo si verificherebbe con maggior approssimazione in riguardo ai processi d'eccitamento che non alle reazioni, anche perchè l'intensità di queste ultime può dipendere pure da altre circostanze, come sarebbero le condizioni di crescenza dell'organo, indipendentemente dallo stimolo.

[12]) Nell' occhio umano, come è noto, se la luce agisce ad intermittenza, con periodo brevissimo, non superiore a un certo limite, si ha l'impressione della luce continua; e l'effetto provocato è pari a quello della frazione dell' intensità luminosa intermittente che corrisponde al rapporto fra la durata della fase di stimolazione e quella del periodo, agente in continuità. Entro certi limiti si equivalgono variazioni proporzionali nell' intensità della stimolazione e nella sua durata. Le recentissime ricerche di A. Nathansohn e E. Pringsheim (*Ueber die Summation intermittierender Lichtreize - Jahrb. f. wiss. Bot., 1907, XLV, p. 137*) hanno provato che questo ha pure luogo nell' eliotropismo, facendo essi agire su piantine disposte in serie da una parte luce continua e dall'altra intermittente (p. 36), dovute a identica sorgente, e de-

terminando col calcolo il punto della serie ove, verificandosi la legge di cui sopra, dovrebbero compensarsi i due effetti; il quale veniva realmente a coincidere col punto di separazione dei fusticini incurvantisi verso l'una e verso l'altra lampada. Ad esempio si supponga che la stimolazione abbia luogo per $^1/_4$ del periodo; essendo l'effetto come di una luce continua d'intensità 4 volte minore, il detto punto dividerà la distanza fra la sorgente continua e la intermittente in due parti nel rapporto 2: 1 (come si sa, l'intensità luminosa varia in ragione inversa del quadrato delle distanze). Il rapporto fra le durate della fase di stimolazione e della successiva pausa può assumere valori assai piccoli; la legge fu verificata anche con 1: 15 (*l. c., p. 155;* non esistono esperienze per rapporti minori). Bisogna però che i periodi non sieno troppo lunghi: nelle esperienze degli anzidetti autori su piantine (Brassica Napus), l'effetto della luce ad intermitenza riesce già indubbiamente inferiore a quanto sarebbe da aspettarsi, per 4' $^1/_2$ (fase di illuminazione 1' $^1/_8$), e per 10' (fase di illuminazione 2' $^1/_2$) come se l'intensità luminosa fosse ridotta 1,3 volte minore (*l. c., p. 160*); e le deviazioni crescono considerevolmente per valori maggiori. Si vede che entra in campo la lunghezza assoluta della fase di non stimolazione. D'altra parte è notevolissimo il fatto che per luce debole la durata limite del periodo può accrescersi molto. Così se si interpongono vetri affumicati fra le piantine e la sorgente, in modo da ridurla ad $^1/_{25}$ dell'intensità luminosa alla quale si riferiscono i risultati indicati sopra, la legge ha luogo anche per periodi di 45' ($^1/_4$ luce e $^3/_4$ oscurità). Non abbiamo esperienze di raffronto fra gli effetti di variazioni nell'intensità della luce e nella durata d'azione se questa è sempre continua, ma non v'ha dubbio che, entro i limiti che abbiamo visto, la stimolazione ininterrotta equivale alla intermittente per la stessa durata effettiva.

In base a risultati ottenuti da Fitting (*Untersuchungen über den geotropischen Reizvorgang, - Jahrb. f. wiss. Bot., 1905, XLI, p. 273*) e Bach (*Ueber die Abhängigkeit der geotropischen Präsentations- und Reaktionszeit von verschiedenen Aussenbedingungen - Idem, 1907, XLIV, p. 86*) possiamo ritenere che anche per il geotropismo si equivalgono aumenti proporzionali nell'intensità e nella durata della stimolazione.

In esperienze di Fitting nelle quali l'autore irritava ad intermittenza col suo clinostato fusticini, alternativamente in senso contrario nella posizione orizzontale e in una inclinata (a 120°, 135°, 150°, 165°, dalla normale di equilibrio); cercando per tentativi le diverse durate di stimolazione nelle due stazioni affinchè le induzioni uguaglino i loro effetti, cioè essendo contrarie non si manifesti curvatura (se agissero per tempi uguali, come è noto, questa avrebbe luogo); si ebbe per risultato che le dette durate riescono inversamente proporzionali ai seni degli angoli di deviazione dalla verticale, come si scorge dal seguente prospetto che si riferisce agli epicotili di Vicia Faba.

Angoli che le posizioni di stimolazione combinate formano colla stazione verticale normale	120-90°	135-90°	150-90°	165-90°
Rapporti dei seni dei detti angoli	0,87 : 1	0,71 : 1	0,5 : 1	0,26 : 1
Rapporti delle durate di induzione nelle dette stazioni pei quali non hanno luogo curve geotropiche	1 : 0,87	1 : 0,71	1 : 0,5	1 : 0,20

(siccome le stimolazioni geotropiche nelle posizioni sopra e sotto l'orizzonte ad angoli uguali rispetto a questo si equivalgono (p. 163), è come se le combinazioni fossero 60-90°, 45-90°, 30-90°, 15-90°).

Appariscono deviazioni solo quando i due valori accoppiati differiscono considerevolmente.

Numerose ricerche compì altresì sugli epicotili di Phaseolus multiflorus e sugli ipocotili di Helianthus annuus; però colla sola combinazione della stazione a 135° dalla normale e dell'orizzontale: il rapporto dei tempi risulta pure 1 : 0,71. L'ottenere gli stessi effetti con combinare le durate delle stimolazioni opposte in modo che riescano inversamente proporzionali ai seni degli angoli di deviazione dalla verticale, mostra che compete lo stesso effetto ad aumenti nel medesimo rapporto

dell' uno o dell' altro dei due elementi. E dal momento che, come vedremo (pag. 165) si è condotti a ritenere essere le intensità degli stimoli geotropici alle varie inclinazioni proporzionali appunto ai seni degli angoli di deviazione dalla verticale, riusciamo alla proposizione enunciata (almeno entro certi limiti).

Il Bach determinò i tempi di presentazione (p. 34) per forze centrifughe varie che, come è noto, costituiscono stimoli della stessa natura dei geotropici (epicotili di Vicia Faba): la tabella seguente indica i valori trovati per forze superiori a 1 g.

Forze centrifughe	Tempi di presentazione
1,07 . . . . . g	8'
1, 2 — 2, 3	4-5'
2, 5 — 3, 5	3'
3, 7 — 6, 8	2'
8, 4 — 12, 9	1'
18, 1 — 20, 7	$^1/_2$'
22, 1 — 32, 6	$^1/_4$'

Tenuto conto che le ricerche non furono tutte effettuate ad una temperatura costante, ma variabile fra 19 e 25° C., mentre sappiamo dallo stesso autore che entro questi limiti il tempo di presentazione può modificarsi notevolmente (*l. c., p. 69*); si deduce che anche per valori dello stimolo superiori a 1 g può verificarsi la legge (almeno con notevole approssimazione). Per le esperienze con forze centrifughe inferiori a 1 g si veda a p. 166.

Il Fitting per gli effetti del tempo di stimolazione geotropica ha verificato la legge di Weber (*l. c., p. 313*). Epicotili di Vicia Faba venivano tenuti orizzontali, volgendo alternativamente alla terra un lato e l' opposto, a mezzo del clinostato intermittente; e gli risultò che comunque sieno i periodi di esposizione allo stimolo, di 13', 6', 3', 25", l' eccesso della durata d' azione di questo in un senso richiesto affinchè appena appena si ottenga una curvatura, è di circa $^1/_{25}$ del tempo di stimolazione opposta. Alquanto inferiore riuscirebbe il rapporto per gli

ipocotili di Helianthus annuus, alquanto superiore per gli epicotili di Phaseolus multiflorus.

Se si equivalgono aumenti proporzionali nella durata e nell'intensità della stimolazione geotropica, ne consegue che, verificandosi la legge di Weber riguardo al primo dei due elementi, deve aver luogo anche per il secondo, con riuscire inoltre identici i poteri discriminativi.

[13]) Si consulti E. Pringsheim - *Einfluss der Beleuchtung auf die heliotropische Stimmung - Beitr. z. Biol. d. Pflanzen, IX, 1907, p. 263*. Il tempo di presentazione (p. 34) per un dato grado di luce riuscirebbe quindi minimo se l'organo rimase anteriormente ad essa esposto per un certo tempo (non in grado di agire tropisticamente; facendo ruotare la pianta al clinostato). A somiglianza dell'occhio, nel passaggio dall'oscurità a debole luce non v'ha perdita di tempo in accomodamento.

[14]) Per questi prolungamenti plasmatici, descritti in prima da Pfeffer: Pfeffer - *Zur Kenntniss der Kontaktreize - Unters. a. d. bot. Inst. z. Tübingen, I, 1885, p. 524*; G. Haberlandt - *Sinnesorgane im Pflanzenreich - Leipzig, 1906, 2.ª ediz.*; A. Borzì - *Anatomia dell'apparato senso-motore dei cirri delle Cucurbitacee - Contrib. a. Biol. veget., III, 1902, p. 137*.

Haberlandt descrisse una serie di strutture in altri organi (prolungamenti plasmatici come nei cirri; particolari papille cellulari, peli, setole) che agevolerebbero l'azione di stimoli meccanici sul plasma sensibile; ed altre osservazioni ci fisseranno definitivamente intorno alla maggiore o minor importanza che loro compete nei singoli casi (si veda K. Linsbauer - *Sitz. d. Akad. d. Wissensch. in Wien, 1905, CXIV, Abt. I, p. 814* e K. Linsbauer - *Idem, 1906, CXV, I Abt., p. 1751*).

Lo stesso Haberlandt, è noto, ha tratto in campo recentemente (*Die Lichtsinnesorgane der Laubblätter, Leipzig, 1905*) come aventi una funzione diottrica nell'eliotropismo del lembo fogliare, orientantesi normalmente alle radiazioni (p. 162), certe particolarità dell'epidermide nella pagina superiore. Le pareti esterne delle sue cellule assai frequentemente sono convesse, e anche più o meno papillose; in modo che la luce la quale ad essa giunge, avendo il succo un indice di rifrazione conside-

revolmente più forte che non l'aria, subisce una condensazione; e un'area luminosa si proietta nel mezzo di ciascuna parete interna, come può anche verificarsi direttamente al microscopio. Si tolga un piccolo tratto di epidermide dalla pagina superiore, e si applichi colla superficie che si univa al tessuto sottostante, ad un coprioggetti alquanto inumidito, che si rovescia sopra una piccola camera umida. E se, portata al microscopio, si abbassa il diaframma, ad apertura molto stretta, in modo da ottenere un approssimativo parallelismo dei raggi del fascio che giungono normalmente dallo specchio al preparato; mettendo a fuoco il tubo sulle pareti epidermiche interne, si scorge appunto un campo luminoso più o meno esteso nel mezzo di ognuna, e tutto intorno v'ha regione oscura. Questa distribuzione della luce sul plasma addossato alle dette pareti interne non provocherebbe irritazione eliotropica. Se invece le radiazioni, anzichè giungere normalmente alla superficie della lamina vi arrivano oblique, la distribuzione della luce e della oscurità, come si può pure constatare al microscopio, da centrica diviene eccentrica: la zona luminosa è spostata da una parte dove prima eravi ombra, la quale invade il tratto occupato innanzi dalla chiarezza; e questo si tradurrebbe in una stimolazione avente per effetto di condurre la foglia nella posizione diaeliotropica. Le papille possono essere coniche, e in tal caso la porzione terminale arrotondata funziona da condensatore in maniera più accentuata; e la luce che cade sulla rimanente superficie di questi rilievi dà luogo sulla parete interna epidermica, tutto intorno al piccolo tratto luminoso di cui sopra, ad una zona alquanto più chiara della porzione periferica. Le papille talvolta sono formate solo a spese della regione centrale delle pareti esteriori; lenti condensatrici possono risultare da particolarità in seno alle dette membrane; in certi casi si incontrano quà e là grosse papille, alla sommità delle quali è individualizzata una piccola cellula a guisa di lente molto convergente; ecc. Ove le pareti esterne son piane, la distribuzione della luce più intensa al centro delle interne nell'atteggiamento diaeliotropico, potrebbe essere permessa dalla curva di queste ultime, che verso il mezzo ricevono le radiazioni in senso ad esse normali e tutto intorno obliquamente; mentre se i raggi giungono inclinati sull'epidermide la maggior illuminazione si sposta da un lato.

Anche altri si occuparono di illustrare numerosi esempi di queste strutture (H. Guttenberg - *Die Lichtsinnesorgane der Laubblätter von Adoxa moschatellina und Cynocrambe prostrata - Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch.. 1905, p. 265;* A. Sperlich - *Die optischen Verhältnisse in der oberseitigen Blattepidermis tropischer Gelenkpflanzen - Sitz. d. Akad. d. Wissensch. in Wien, 1907, CXVI, Abt. I, p. 675;* F. Seefried - *Ueber die Lichtsinneorgane der Laubblätter einheimischer Schattenpflanzen - Idem, p. 1311*). E il Gaulhofer (*Die Perzeption der Lichtrichtung im Laubblatte mit Hilfe von Rundtüpfel, Rundspalten und der windschiefen Radialwände - Idem., 1908, CXVII, p. 153*) si rivolse a casi nei quali tanto la parete esterna quanto l'interna delle cellule epidermiche son piane, mettendo in evidenza che l'obliquità delle radiali, la presenza di punteggiature, di un infossamento, tutto intorno all'esteriore con direzione pure obliqua, sono in grado, occasionando riflessione totale nel passaggio delle radiazioni dalla sostanza della membrana al contenuto cellulare confinante meno rifrangente, di provocare sulle pareti interne una distribuzione della luce come in seguito alle strutture descritte sopra.

Però furono addotti risultati assai gravi contro questa funzione diottrica à servigio dell'eliotropismo. Il Kniep (*Ueber die Lichtperception der Laubblätter - Biol. Centralbl., 1907, p. 99*) provò a spalmare la faccia superiore di lamine fogliari con un liquido più rinfrangente del succo cellulare, l'olio di paraffina (a cui era sovrapposta una sottile foglia di mica o carta velina), il quale, potè verificare direttamente al microscopio col metodo indicato sopra, dà luogo sulle pareti interne epidermiche a una distribuzione inversa della luce rispetto a quanto avviene se questa arriva al tessuto dall'aria (si veda per la spiegazione Haberlandt - *Die Bedeutung der papillösen Laubblattepidermis für die Lichtperception - Biol. Centralbl., 1907, p. 292*). Orbene, anche in queste condizioni, avendo cura di sottrarre alla luce il picciolo, constatò che le foglie erano in grado di orientarsi eliotropicamente; il che fu anche confermato dallo stesso Haberlandt (*l. c., 1907, p. 298*). Questi però non ne ricava argomento contro la sua teoria, ma la modifica nel senso che l'essenziale perchè abbiasi la stimolazione conducente all'atteggia-

mento diaeliotropico consista in una distribuzione eccentrica della luce ed ombra, sia che questa circondi quella, o viceversa. Haberlandt si faceva forte di esperienze sue nelle quali foglie bagnate con acqua non si orientano eliotropicamente: la rifrangenza del succo cellulare uguaglia all' incirca quella dell' acqua, e quindi la funzione diottrica delle strutture descritte non può esplicarsi. Le foglie, ben inteso col picciolo oscurato, stavano sommerse nel liquido (Humulus Lupulus, Ostrya vulgaris, Begonia discolor, Tropaeolum majus: *l. c. 1905, p. 88*), oppure non teneva bagnata che la pagina superiore (applicandovi pure una sottile foglia di mica o carta velina, in Begonia semperflorens, Begonia discolor: *Ein experimenteller Beweis für die Bedeutung der papillösen Laubblattepidermis als Lichtsinnesorgan - Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch., 1906, p. 362 e l. c. 1907, p. 296, 299*). Ma con altre esperienze Gius (*Ueber den Einfluss submerser Kultur auf Heliotropismus und fixe Lichtlage - Sitz. d. Akad. d. Wissensch. in Wien, 1907, CXVI, Abt. I, p. 1622*) e Albrecht (*Ueber die Perzeption der Lichtrichtung in den Laubblättern - Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch., 1908, p. 186*) mostrarono che anche in queste condizioni le foglie sono capaci di reagire normalmente allo stimolo della luce; il che era del resto da aspettarsi, giacchè non raramente trovansi bagnate in natura: nelle esperienze del primo erano immerse nell' acqua (Ludwigia Mullertii, Lysimachia Nummularia, Ficus barbata, Ficus stipulata, Glechoma hederacea); in quelle dell' Albrecht veniva bagnata solo la pagina superiore (con farvi cadere ad intermittenza una goccia d'acqua da un capillare, e non usando del rivestimento di carta velina che solo qua e là: Begonia semperflorens). E Nordhausen (*Ueber die Bedeutung der papillösen Epidermis als Organ für die Lichtperception des Laubblattes - Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch., 1907, p. 398*) ottenne pure l' orientamento di fronte alla luce in foglie colla pagina superiore rivestita di un sottile strato di gelatina (al 5-12 %) mantenuta umida, avente un indice di rifrazione ancora più vicino a quello del succo cellulare che con l' acqua pura (per la detta gelatina al 5 % 1,341, al 10 % 1,347; per l' acqua 1,333; per l' olio di paraffina 1,476); e tenendo, ben inteso, accuratamente allo scuro i piccioli (Begonia semperflorens,

B. Schmidtiana, Humulus Lupulus, Ostrya carpinifolia, Tropaeolum majus, Fittonia Verschaffeltii, Impatiens Mariannae; vi sono comprese le specie su cui sperimentò Haberlandt). Del resto come quando la superficie esterna epidermica è in contatto coll'acqua, l'esame microscopico alla maniera già descritta, non permette di riconoscere la funzione diottrica. E si noti che non può trarsi in campo nella percezione la curvatura delle pareti interne dell'epidermide, come Haberlandt vorrebbe a proposito del Tropaeolum majus, nel quale egli stesso (*l. c. 1097, p. 299*), a differenza delle altre specie, con tener bagnata la pagina superiore (e privato della luce il picciolo) potè constatare un debole movimento eliotropico, giacchè in un certo numero delle specie indicate sopra (almeno in Begonia semperflorens, B. Schmidtiana, Humulus Lupulus, Ostrya carpinifolia) incurvamenti della detta membrana, o non esistono affatto, o sì esigue da non poter avere importanza sotto il punto di vista che ci occupa. I risultati contrari ottenuti da Haberlandt potrebbero spiegarsi con condizioni sfavorevoli nelle quali possono venire a trovarsi foglie immerse nell'acqua (nelle esperienze del Gius foglie di Tradescantia viridis sommerse si comportano in modo anormale: *l. c., p. 1637)*; e nei casi in cui questa è a contatto solo colla superficie superiore, potrebbe concorrervi per esempio la diminuzione della luce dovuta alla riflessione, causata dal rivestimento di carta velina o sottilissima foglia di mica usati (inoltre la carta velina bagnata non è assolutamente trasparente), ecc. (È il caso di far entrare in campo, unitamente al plasma addossato alla parete interna epidermica, in grado di valersi delle attitudini diottriche di queste cellule, anche quello delle pareti esteriori, illuminate non uniformemente per effetto della propria curvatura, come già si è accennato a proposito delle interiori?)

In quanto all'amido statolitico di Haberlandt e Nèmec che entrerebbe in giuoco nella stimolazione geotropica, si veda a p. 141.

[15]) Esamineremo ora quanto si conosce intorno alla trasmissione dell'impulso motore (attribuendo a questa espressione il significato di fenomeno determinante) nella Mimosa pudica in seguito a ferite, bruciature, ecc., e nei casi che ad essa si collegano, accennando in ultimo al propagarsi di una vera eccitazione (in nastie).

I tagli praticati nelle parti non irritabili della Mimosa, cioè non nella metà dei cuscinetti che diviene concava durante il movimento (sensibile ad un lieve urto: è l'inferiore nei primari, la superiore nei terziari), per provocarlo devono essere abbastanza profondi da intaccare i fasci vasali. Un effetto ancora relativamente debole si ottiene tagliando a mezzo di una forbicina con precauzione, in modo da non dar luogo a scuotimenti, una fogliolina terminale: esso si estende a tutta quanta la foglia (e in condizioni favorevoli può propagarsi ad altre). Comincia a reagire la detta fogliolina, e successivamente si mettono in moto in senso basipeto le altre della pinnula, e l'irritazione giunge anche al cuscinetto primario e alle foglioline delle altre rachidi (basifuga), compresi i pulvini secondari. (Il reclinarsi del picciolo primario spesso avviene subito dopo che si son chiuse le foglioline della prima pinnula; noterò per esempio che talvolta foglioline vengono saltate e si rialzano in seguito, dopo che hanno compiuto il movimento un certo numero delle successive, e a spiegare il fatto possono entrare in campo condizioni particolari delle vie conduttrici fra la rachide e i cuscinetti, o minor sensibilità di questi ultimi). Il movimento giunge più lontano operando recisione di piccioli secondari, primari, cauli, e più energiche ancora riescono ustioni a mezzo dell'acqua bollente o del fuoco (con fiammiferi, lenti che vi concentrano i raggi solari): ustionando un breve tratto di picciolo primario o di un ramo, il moto può estendersi, non solo a tutte le foglie della pianta, che reclinano successivamente, ma altresì a tutte le loro foglioline (con recisione anche di cauli non è possibile ottenere quest'ultimo effetto). Per avere buoni risultati la temperatura deve essere abbastanza elevata, la luce moderata, e la pianta deve trovarsi in buon stato di turgescenza. (Si veda per quanto precede: W. Pfeffer - *Ueber Fortpflanzung des Reizes bei Mimosa pudica-Jahrb. f. wiss. Bot., 1873-74, IX, p. 308;* H. Fitting - *Weitere Untersuchungen zur Physiologie der Ranken nebst einigen neuen Versuchen über die Reizleitung bei Mimosa - Idem, 1904, XXXIX, p. 516;* Fitting - *Die Reizleitungsvorgänge bei den Pflanzen - Wiesbaden, 1907, p. 6*). Si può ottenere l'abbassamento e la chiusura delle foglie anche dirigendo il fuoco di una lente sui fiori (H. Dutrochet - *Recherches*

anatomiques et physiologiques sur la structure intime des animaux et des végétaux et sur leur motilité - Paris, 1824, p. 68). Ed è stata persino constatata l'efficacia di azioni sulle radici ad indurre i movimenti delle foglie. (si consulti A. Borzì - *L'apparato di moto delle sensitive - Estr. d. Riv. di Scienz. Biol., 1889, IV, p. 2*). Oltre tagli e scottature si sperimentò altresì attiva l'azione di sostanze capaci di uccidere i tessuti, per esempio acido solforico, paraldeide (Borzì - *l. c., p. 8*), dosi mortali di cloroformio (Fitting - *l. c., 1904, p. 502*), ecc., e una brusca plasmolisi (Fitting - *l. c., p. 517*; si ottengono però con quest'ultima risultati non cospicui, certamente in seguito alle difficoltà che offre una plasmolisi sufficientemente rapida in tessuti interni protetti da un anello sclerenchimatico. Conviene ad ogni modo che venga tolto l'epidermide nel tratto che si vuol plasmolizzare).

E veniamo alla velocità con cui si propaga l'impulso motore. Abbiamo ricerche recentissime di K. Linsbauer (*Ueber Reizleitungsgeschwindigkeit und Latenzzeit bei Mimosa pudica - Wiesner-Festschrift, Wien, 1908, p. 396*), il quale ebbe cura che nelle misure non venisse attribuito alla trasmissione il periodo latente che decorre, giunto lo stimolo al cuscinetto, prima che questo entri in movimento (dovuto al propagarsi d'eccitamento a tutta la massa motrice, e specialmente all'iniziarsi dei processi che conducono al moto, senza che si manifesti ancora; secondo determinazioni dello stesso autore, irritati direttamente i pulvini primari con un urto, riesce inferiore a $^1/_3$ di secondo: si veda *l. c., p. 405*). Però, anzichè ricorrere al metodo di agire in due punti a distanze diverse da un dato organo motore, rapportando la differenza dei tempi trascorsi fra l'azione operata e il movimento, alla distanza fra i detti punti, preferì non agire che un'unica volta sopra una medesima parte, giacchè potè rilevare che nelle condizioni in cui sperimentava questa se ne risente, almeno per parecchie ore, e il secondo valore non riuscirebbe attendibile (spesso per distanze minori la reazione ha luogo più tardi), e procedere come sopra, ma operando a diversa distanza da due cuscinetti (della stessa pianta). Gli istanti dell'azione e dell'inizio del movimento venivano registrati con opportune modalità a

mezzo di un chimografo. Le ricerche, compiute esclusivamente sul picciolo primario (il movimento aveva luogo nel cuscinetto situato alla sua base), hanno mostrato che la velocità è diversa a seconda dei mezzi adoperati a provocare il moto. Gli risultò di 5-10 mm al secondo servendosi di un filo di platino arroventato (colla corrente elettrica), di circa 30 mm operando rapidamente un taglio in modo da recidere solo uno dei piccoli fasci laterali del picciolo, superiore ai 100 mm al secondo se il peziolo viene tagliato completamente (in quest' ultimo caso temp. 26° C.). Non devesi però dedurne che l'impulso dovuto a bruciature si propaghi in generale meno velocemente che in seguito a tagli; il suo maggior estendersi farebbe piuttosto desumere il contrario: bisogna tener conto che nelle condizioni in cui operava, il trauma (molto limitato) prodotto dal filo arroventato non si esplicò con sufficiente rapidità. Parrebbe che la velocità non sia la stessa nelle varie parti della pianta. Il Bert (*Recherches sur les mouvements de la sensitive, 2ª Mem. 1870, p. 86 - Estr. d. Mém. d. l. Soc. d. Scienc. phys. et nat. d. Bordeaux*), recidendo la fogliolina terminale di una pinnula, e dopo alcune ore di riposo la prima o viceversa, e riferendosi al moto del cuscinetto primario, determinò lungo le rachidi una velocità di 2-5 mm al secondo. Le antiche determinazioni di Dutrochet (*l. c., p. 77*), il quale notava semplicemente il tempo richiesto affinchè in seguito a una data azione (bruciatura) il movimento si propaghi in successivi organi motori (cuscinetti primari), sia andando da una foglia al caule, sia in senso contrario (senza preoccuparsi del periodo latente che precede il moto), avevano condotto a una velocità di 8-15 mm al secondo per piccioli, e di 2-3 mm per gli internodi del caule. Haberlandt (*Das reizleitende Gewebesystem der Sinnpflanze- Leipzig, 1890, p. 71*) con recidere pezioli secondari all'apice, avendo di mira il movimento dei pulvini primari corrispondenti, e in altri rami incidendo nel caule in maniera che vengano tagliati i tre fasci della traccia fogliale corrispondente al cuscinetto primario di cui considerava il moto, ottenne differenze assai più piccole per il caule e la foglia: in un caso ebbe rispettivamente i valori 6,5 e 8,5 mm. Secondo questo autore (*l. c., p. 69*) è assai minore nelle piantine di Mimosa la velocità di trasmissione del fenomeno lungo l'ipocotile e la radice pri-

maria: mm 0,2-1,3 al secondo. Borzì ottenne debole velocità in radici (*l. c., p. 3*).

Qual' è la natura di questo impulso motore? Pfeffer sperimentò su di esso i narcotici (*l. c., p. 309*). Esponeva all' azione dei vapori di etere o di cloroformio in spazi chiusi brevi tratti di piccioli secondari comprendenti 2-4 paia di foglioline, e potè constatare che con recisione nella foliola terminale il movimento si propaga in senso basipeto al di là della zona narcotizzata, mentre le foglioline di questa restano immobili, e non sono nemmeno suscettibili di reagire se stimolate in via diretta. Naturalmente devono essere evitate cosi troppo forti degli anestetici, perchè ne verrebbero uccisi i tessuti; e l' autore riuscì a mantenere il detto tratto della rachide perfino 20' in atmosfera di etere senza che venisse necrotizzato, atmosfera che distrugge in pochi minuti la sensibilità. Pure fu sollevato il dubbio (Haberlandt - *l. c., p. 9;* Fitting - *l. c., p. 503*) che gli elementi vivi del grosso fascio centrale del picciolo secondario, protetto da un forte anello sclerenchimatico, possano essersi sottratti alla narcosi. È il caso anche di ricordare a proposito delle deduzioni da trarre da questi risultati, che nei nervi animali la conduttività viene depressa in minor grado che non l' eccitabilità dall' azione del cloroformio e dell' etere (si veda Luciani - *Fisiologia dell' uomo, II*[1], *p. 266;* l' anidride carbonica e l' ossido di carbonio diminuiscono l' eccitabilità, e sono senza azione sulla conduttività).

Fitting (*l. c., p. 502, 507*) eseguì esperienze di raffreddare alla temperatura del ghiaccio fondente un tratto del picciolo primario di 2-3 cm. Questo attraversava un tubo di vetro (composto di due sovrapposti, aventi ciascuno all' orlo in contatto due intaccature diametrali corrispondenti, e nei fori risultanti passa appunto il peziolo), fissato verticalmente, e riempito di ghiaccio in pezzetti (inferiormente si può far uscire l' acqua di fusione). La temperatura dei 2-3 centimetri di picciolo circondati dal ghiaccio non è superiore a 0-2°. Recidendo il peziolo verso la base, l' impulso motore si trasmette attraverso la detta zona, e si osserva la chiusura delle foglioline, mentre, come è noto, se i cuscinetti fossero esposti a questa bassa temperatura non reagirerebbero affatto

(nemmeno fu possibile riscontrare un rallentamento nella velocità con cui si propaga, che del resto in base ai valori indicati sopra potrebbe sfuggire).

Ma si andò più in là, e venne ricercato se l'impulso è arrestato o no da tratti previamente uccisi. Haberlandt (*l. c., p. 36*) provò con un dispositivo speciale a far giungere sopra una breve zona di 4-10 mm nel picciolo primario o in uno secondario, del vapore di acqua bollente per 20-30" (e in certi casi persino 1 minuto primo e $^1/_2$): essa assume una tinta bruna, e l'esame microscopico mostra che tutte le cellule, (anche gli elementi dei fasci contenenti protoplasma) restano necrotizzate. L'autore, con questo e con un altro metodo di uccisione pure a mezzo del calore, ebbe il risultato che lo stimolo dovuto a ferite (non indica abbia provato ustioni) nella gran maggioranza dei casi si propaga ancora attraverso le dette zone morte. Mac Dougal (*The mechanism of movement and transmission of impulses in Mimosa and other « sensitive » plants - Bot. Gazette, 1896, XXII. p. 296*) pure avrebbe ottenuto la sua trasmissione in porzioni morte di caule di 3 cm, sia operando incisioni, sia a mezzo di una fiamma; e mentre in taluni casi il tratto ucciso veniva mantenuto umido, in altri si sarebbe lasciato essiccare. Secondo lo stesso autore (*l. c., p. 297*) Cunningham avrebbe sperimentato la propagazione in zone alternativamente vive e necrotizzate. A risultati alquanto diversi da quelli di Haberlandt e Mac Dougal giunse Fitting (*l. c., p. 511*). Questi si serviva dello stesso dispositivo descritto a proposito dell'esposizione locale a basse temperature, operando sul picciolo primario o secondario; e nel tubo faceva passare del vapore di acqua bollente (avendo cura che tutti gli interstizi fossero chiusi) per 1 $^1/_2$-2', prolungando anche talvolta l'esposizione all'alta temperatura 4-5 minuti: osservazioni microscopiche posteriori mostrarono che tutte le cellule erano uccise. Naturalmente per effetto del vapore vien provocata subito irritazione; poi le piante son mantenute per un certo tempo in uno spazio umido, tenendo fasciata con carta da filtro bagnata la porzione uccisa. Spiegatesi di nuovo le foglioline, recidendo con precauzione il picciolo primario sotto la zona morta, lunga 2 cm circa, in nessun caso si chiusero, il che ha luogo

se il taglio avviene al disopra del detto tratto; così pure la recisione nel mezzo di una pinnula o di tutte e quattro non provoca il movimento al di là della porzione necrotizzata. Risultati analoghi ebbe uccidendo un tratto di peziolo secondario lungo 1-2 cm. Ma al contrario l'impulso motore non veniva arrestato dalla porzione uccisa del picciolo primario o secondario quando l'azione consisteva in ustioni (per mezzo del fuoco o del vapore d'acqua bollente che si fa uscire da un tubetto) di foglioline (anche in casi nei quali era stato constatato in precedenza il suo arresto se dovuto a recisione). È possibile che i risultati differenti ottenuti da Haberlandt sieno da attribuirsi alla minor estensione della zona morta. Queste esperienze di necrosi, come osserva pure il Fitting, dovrebbero venir ripetute su vasta scala, con variare le modalità (indicando anche particolarmente i reperti microscopici che stabiliscono essere tutti gli elementi uccisi).

Ad ogni modo dall'insieme delle ricerche esposte pare si possa dedurre che l'impulso propagantesi non consiste in processi plasmatici, cioè in una vera eccitazione, ma in fenomeni puramente fisici che vengono provocati direttamente dalle azioni che abbiamo visto, ferite, bruciature, ecc., senza che sia in giuoco una stimolazione propriamente detta. E il movimento si ottiene incidendo in parti non motrici anche narcotizzate (Pfeffer - *l. c., p. 312*). I processi motori verrebbero indotti dai detti fenomeni, percorrendo i pulvini; e ivi avrebbe luogo veramente la stimolazione. Il fatto che in seguito a certe azioni, impulsi si trasmetterebbero lungo zone necrotizzate e non in seguito ad altre, si potrebbe anche spiegare senza ricorrere all'ipotesi che nei vari casi sieno di natura essenzialmente diversa, con modalità, intensità differenti del loro esplicarsi, in unione a presumibili influenze non favorevoli che l'uccisione dei tessuti può arrecare al propagarsi di fenomeni anche non plasmatici; e allo stesso modo è possibile pure renderci ragione delle divergenze nella velocità riscontrate da Linsbauer.

Accenno ancora prima di terminare l'argomento delle condizioni capaci o no di arrestare il propagarsi dell'impulso motore, che, secondo le ricerche di Fitting (*l. c., p. 518*), un tratto plasmolizzato non riprende la facoltà conduttrice se in giuoco recisione, quando, tolta la

soluzione salina (la quale abbia agito piuttosto lentamente) e immersa la parte nell'acqua, riacquista la turgescenza, mentre, come abbiamo visto per una zona uccisa, lo stimolo non è fermato se l'azione consiste in scottature (certamente lo stesso effetto negativo viene spiegato se il tratto trovasi ancora in stato di plasmolisi. È a ricordarsi che in seguito alla plasmolisi lenta di cui sopra le cellule tubulose di Haberlandt, delle quali parleremo or ora, restano uccise, mentre la maggior parte degli altri elementi si conservano in vita; l'autore non potè riconoscere con sicurezza la sorte dei tubi cribrosi).

Questo impulso si propaga seguendo le vie dei fasci vasali. Dutrochet (*l. c., p. 69*) eseguì nel caule esperienze di decorticazione anulare, in altre tolse il midollo; e vide che ciò non arresta l'estendersi del movimento (le azioni consistevano in bruciature), il che avveniva se per un tratto non rimane che il midollo o una porzione della corteccia. E anche Pfeffer (*l. c., p. 313*), ripetendo altre esperienze di Dutrochet, provò in cuscinetti primari a togliere il parenchima, non lasciando più che il fascio centrale; e con incidere il picciolo potè avere irritazione nei pulvini primari situati al disopra e al disotto, il che non ha luogo se si asporta il fascio. Si è già detto che a provocare il movimento le incisioni devono intaccare i fasci: se interessano solo il parenchima non si ottiene alcun effetto (Pfeffer - *l. c., p. 313*); e questo si verifica anche in foglioline, nelle quali traforando con un ago, l'azione riesce non efficace se praticata nel mesofillo, ed è necessario colpisca le nervature (P. Bert - *l, c., 1.ª Mem., 1867, p. 17*). E incidendo in un punto oltre la corteccia, nel caule o nel picciolo, può, in condizioni non molto favorevoli di sensibilità, determinarsi il movimento solo nella foglia o nelle foglioline delle rachidi a cui giungono direttamente i fasci o il fascio colpiti (Pfeffer - *l. c., p. 322, 324*).

Possiamo ora domandarci quali sono questi fenomeni stimolanti, non vitali, che si propagano nei fasci. Il fatto notissimo che con recisioni nel caule e nei piccioli sgorga una goccia di acqua, ha condotto naturalmente a pensare che sieno in giuoco fenomeni idrostatici. Essa si origina dalla regione librosa. Haberlandt (*l. c., p. 16*) ha mostrato che, raccolta sopra un coprioggetti e trattata con cloruro ferrico, assume

una colorazione intensa rosso - violetto, simile a quella che ha luogo se sezioni longitudinali non troppo sottili vengono messe in contatto col detto reattivo, in certe cellule del libro descritte dall'autore *(l. c., p. 11)*, tubulose (Schlauchzellen), assai lunghe (almeno sempre nel caule e nel picciolo primario: lunghezza 0,6 - 1,2 mm), disposte in serie longitudinali, e anche di notevole sezione trasversale, a pareti abbastanza sottili, viventi, che contengono oltre plasma anche il nucleo. (La goccia del liquido che scorga, incolora, lasciata evaporare sopra un portaoggetti, abbandona insieme a una sostanza mucillaginosa un deposito cristallino di natura organica, al quale è dovuta la reazione di cui sopra). Il Fitting *(l. c., p. 508)*, reciso un caule e tolta la prima goccia, premendo colle dita a una certa distanza, potè constatare direttamente che effluiva liquido dalla porzione librosa. E ricorse ancora per mettere in evidenza l'origine della goccia al mezzo di iniettare in un getto tagliato di Mimosa una sostanza colorante (soluzione acquosa di eosina). Mediante turacciolo di gomma traforato l'estremita inferiore di questo veniva fissata entro una branchia di tubo ad U contenente il liquido, e premendo su di esso dall'altra parte, otteneva all'estremità opposta della pianta, pure recisa, efflusso continuato di gocce colorate. Il liquido evidentemente segue le vie dei vasi; e del resto esami microscopici posteriori hanno mostrato le pareti di questi colorate dall'eosina. E se indi, cessando la pressione, tagliava il getto nel mezzo, otteneva una goccia non colorata (carta da filtro colla quale si assorbe rimane incolora); la quale per conseguenza non può originarsi dai vasi. Così pure servendosi anzichè di eosina, di ferro-cianuro di potassio, mentre il liquido sgorgante sotto pressione con cloruro ferrico dava luogo al noto precipitato del Blu di Berlino, in seguito al taglio quando non si ha più la pressione, la goccia che vien fuori, col detto reagente produce invece la colorazione caratteristica per le cellule tubiformi di cui sopra, conformemente al risultato di Haberlandt.

Secondo questo autore alle dette cellule tubulose sarebbe affidata la trasmissione idrostatica d'impulso motore; in seguito alla loro apertura colla ferita il succo sotto pressione si riverserebbe da notevole distanza nelle serie longitudinali che formano (il che spiega la copia del-

l'efflusso); e le deformazioni delle pareti elastiche nei tratti entro i pulvini provocherebbero ivi in via meccanica l'eccitazione. Ciò a vero dire presuppone che gli elementi in serie costituiscano un solo sistema osmotico, il che non è accertato, giacchè le pareti trasversali non offrirebbero che una zona più assottigliata finamente porosa, coi canalicoli attraversati da filamenti protoplasmatici. Ad ogni modo Haberlandt vuole che il fenomeno anzidetto possa aver luogo anche essendo interposto in ogni punto plasma fra un elemento e il seguente. Aperta una di queste cellule tubiformi col taglio ed espulso parzialmente il succo, la tensione elastica della membrana nella successiva schizzerebbe fuori una parte del liquido attraverso la parete di separazione, e lo stesso giuoco si ripeterebbe per notevoli estensioni fin dove si propaga l'irritazione; ma questo ipotetico modo di comportarsi non è in armonia con le condizioni osmotiche cellulari che conosciamo. Tutto si limiterebbe senza dubbio all'incurvarsi verso la ferita della detta membrana trasversale e di un certo numero delle successive in grado decrescente. Nella Mimosa sensitiva ove gli elementi corrispondenti contengono, non un liquido chiaro come nella Mimosa pudica, ma un succo lattiginoso, Fitting avrebbe riconosciuto direttamente in sezioni longitudinali di un certo spessore, che in seguito a ferite il loro succo è messo in moto per notevoli estensioni (*l. c., p. 519*); però non conosciamo la struttura istologica delle dette cellule in questa specie.

Ma dato anche che altre ricerche conducano a riconoscere una comunicazione migliore da elemento a elemento (come sarebbe verosimile con quanto si è detto a proposito dell'origine della goccia di liquido che fuoresce dalla ferita; Haberlandt ammette la possibilità che i filamenti plasmatici di cui sopra sieno cavi), non possiamo farli entrare in campo, almeno esclusivamente, nella propagazione dello stimolo. E lo stesso dicasi per altri elementi viventi del libro, come sarebbero i tubi cribrosi, i quali non è escluso contribuiscano alla formazione della detta goccia. Infatti pare possa trasmettersi anche asportando il libro. Già si è visto che Dutrochet ne ottenne il propagarsi in esperienze nelle quali veniva tolto un anello corticale nel caule, e sembra vi fosse compresa oltre la corteccia primaria anche il libro (si veda in Dutrochet-

l. c., p. 73); ed Haberlandt (*l. c., p. 63*), avendo avuto espressamente cura di togliere anche il floema, riuscì a constatarlo in taluni casi, operando con recisioni (inefficaci se interessano solo il libro). Fitting però non avrebbe ottenuto alcun risultato con esperienze di questo genere (*l. c., p. 515)*. Inoltre abbiamo visto che può trasmettersi anche lungo zone uccise, ove le cellule tubulose necessariamente hanno perduto il turgore; e quindi l'azione loro ivi si arresterebbe. (Riguardo all'importanza in particolare delle cellule tubulose, Borzì [*l. c., p. 3*] nota che mancano nelle radici [astrazione fatta forse per le primarie: Haberlandt - *l. c., p. 32*], pur in grado di condurre impulso motore).

Ci rivolgiamo quindi a perturbazioni nel moto dell'acqua entro gli elementi conduttori del legno, essendo i vasi non viventi, e per conseguenza in grado di permettere il fenomeno in zone necrotizzate (le esperienze di Mac Dougal ricordate, in cui il tratto ucciso veniva lasciato essiccare vi sarebbero pure contrarie; ma sorge il dubbio fondato che non sieno del tutto attendibili), ritornando alle vedute svolte principalmente da Pfeffer *(l. c.)*. Egli però riteneva proveniente dal legno la goccia di liquido che fuoresce all'atto di recisioni; ma anche senza che questa entri in campo (un qualche debole efflusso è possibile avvenga altresì dallo xilema), un disturbo deve aver luogo nel movimento dell'acqua, e così pure in seguito a bruciature: in quanto alle uccisioni locali non a mezzo del calore, venendo gli elementi d'intorno a perdere il turgore, potremmo pensare che riescano profondamente modificati presumibili rapporti di dipendenza fra questi e il liquido dei vasi. Le dette perturbazioni potrebbero influenzare il parenchima turgido dei cuscinetti, il quale deve essere in una relazione molto intima cogli elementi apportatori dell'acqua; e non appare inverosimile che le cellule motrici sieno in grado di venirne irritate, dal momento che in individui molto sensibili ciò ha luogo spesso col trapasso da una atmosfera satura di vapore ad altra che ne è più povera (Pfeffer - *l. c., p. 316*). Certe particolarità messe in evidenza da Pfeffer si comprenderebbero molto bene: così se si operano incisioni in cauli, o talvolta persino si recidono addirittura in individui che non trovansi nelle condizioni più favorevoli per la sensibilità, si ha l'irritazione solo al disopra della ferita, non al

disotto; e difatti il movimento dell'acqua deve riuscire più profondamente modificato nella porzione separata dalla pianta madre che più non ne riceve, rispetto alla rimanente. Però possiamo domandarci se, senza la testimonianza di una discreta fuoruscita di liquido dalla ferita, è da ammettersi che questi perturbamenti si propaghino con velocità sì notevole.

E non mancano altre difficoltà. Fu esperimentato di esercitar pressioni sulla superfice di recisione di getti di Mimosa pescanti nell'acqua, nei quali una corrente di liquido vien spinta entro i vasi, senza che abbia luogo irritazione. Mac Dougal *(l. c., p. 298)* metteva in comunicazione il tubo pieno d'acqua ove penetra l'estremità inferiore del getto con una pompa premente, per mezzo della quale veniva attivata la pressione di 3-8 atmosfere; e la pianta non reagiva. Dell'acqua sgorga dall'estremità recisa di una fogliolina lontana, senza dubbio seguendo le vie dei vasi legnosi, come abbiamo visto che Fitting dimostrò per pressioni minori (2 atmosfere), ottenendo lo stesso effetto irritante negativo (*l. c., p. 516*). Queste esperienze sembrerebbero sfavorevoli alla concezione che sia in giuoco come impulso motore un disturbo nel moto dell'acqua; ma non è assolutamente inverosimile che gli scambi di liquido coi tessuti d'intorno, col parenchima irritabile dei pulvini, vengano modificati in maniera differente dalle dette correnti abbastanza energiche lanciate nei vasi rispetto a quanto ha luogo, non solo in seguito a ferite, ma altresì in seguito a bruciature. Anche queste esperienze dovrebbero venir ripetute, variandone le modalità, come pure le uniche del Mac Dougal di rarefazione (cauli di piccole piante di Mimosa recisi pescavano pure nell'acqua, che veniva improvvisamente messa in comunicazione con un recipiente ad aria rarefatta; nemmeno nelle quali i pulvini sarebbero stati indotti al movimento: *l. c., p. 297*). Altre ricerche di Fitting riuscirebbero pure contrarie alle vedute che abbiamo esposto. All'autore riuscì *(l. c., p. 502)*, in foglie di Mimosa recise sopra il cuscinetto e tenute in spazio umido col taglio nell'acqua (in modo da spiegare di nuovo le foglioline dopo un certo tempo), in seguito a una nuova recisione spesso solo a 3-4 mm dalla prima, di ottenere ancora quasi sempre il movimento; e i vasi non si erano nel

frattempo ostruiti, come mostra l'esame microscopico, e il confronto con altre foglie che, trascorso lo stesso tempo dal taglio, venivano immerse in una soluzione liquida di gelatina (al 3 %), la quale penetra nei vasi per un tratto discreto. Ma l'ostruzione forse potrebbe sfuggire all'esame se parziale, e non è del tutto escluso che, stabilitosi un certo regime di movimento della linfa, il secondo taglio (anche colla pressione che bruscamente viene ad esercitarsi sui vasi) abbia il potere di turbarlo lievemente. In altre esperienze dello stesso autore (*l. c., p. 506*) foglie recise vengono tenute come sopra fino a che le foglioline si sieno distese, indi l'acqua è sostituita cautamente con gelatina liquida al 3 %; dopo un certo tempo si ritornano in acqua fredda, e quando la gelatina penetrata nei vasi ha avuto tempo di solidificarsi operava un secondo taglio a 0,5-1 cm dal primo, e nella maggior parte dei casi veniva provocata la chiusura delle foglioline. L'esame microscopico prova che i vasi sono ostruiti dalla gelatina, la quale entra per 1 $^1/_2$-2 cm nel picciolo. Questo risultato appare assai grave contro la teoria esposta. (Con qualche verosimiglianza si può tener conto nel tratto ostruito delle pareti dei vasi, non capaci di permettere il movimento normale dell'acqua, o di elementi vivi?)

Ma per uscire dalle contraddizioni abbiamo bisogno di altre ricerche, le quali dovranno tendere prima di ogni altra cosa a fissarci definitivamente sopra alcuni dati fondamentali.

Volendo lasciar da parte fenomeni di moto dell'acqua (se non si tratta di processi vitali) non sappiamo realmente a che rivolgerci. Non pare si possano fare entrare in campo modificazioni della pressione dell'aria negli intercellulari, coi dati che abbiamo esposti (trasmissione dell'impulso nei fasci vasali; esperienze citate di compressione e rarefazione; non hanno luogo i movimenti descritti collocando la Mimosa sotto la campana di una macchina pneumatica, con evacuare, ben inteso evitando scosse alla pianta: si veda C. Correns - *Ueber die Abhängigkeit der Reizerscheinungen höherer Pflanzen von der Gegenwart freien Sauerstoffes - Flora, 1892, p. 94;* si può sperimentare manca il movimento nel cuscinetto primario incidendo nel suo parenchima al lato superiore, non irritabile, senza colpire il fascio centrale, pur comunicando tra di

loro gli intercellulari dell' intero pulvino: Pfeffer - *l. c., p. 315;* ecc. Lo stesso dicasi volendo considerare una modificazione della pressione aerostatica entro i vasi); non si sorregge l'inverosimilissima ipotesi che ferite, ustioni, ecc. provochino la formazione di certe sostanze (ad esempio per decomposizione di altre), le quali si diffondano lungo i fasci, e determinino eccitazione nel parenchima sensibile dei pulvini; e in ultimo in che modo ricorrere a fenomeni elettrici?

Certamente gli stessi processi che nella Mimosa, sono in giuoco nelle altre Leguminose capaci di reagire alle medesime azioni (Mimosa Spegazzinii, Aeschinomene indica, Neptunia oleracea, ecc.; si consulti Borzì - *l. c., p. 4:* nelle ultime due specie le foglie mancano di elementi assimilabili alle cellule tubulose di Haberlandt). E si noti che in Neptunia da ferite non sgorga la goccia di liquido (Fitting - *l. c. 1907, p. 130*). Un impulso motore in seguito alle medesime azioni si trasmette pure nell'Oxalidea Biophytum sensitivum, (si veda Haberlandt - *Ueber die Reizbewegungen und die Reizfortpflanzung bei Biophytum sensitivum - Annales du Jardin bot. de Buitenzorg, 1898, Supplem. II, p. 33*), come è noto, a foglie pennate (reagiscono solo i cuscinetti secondari, i primari non partecipano che ai moti nictinastici). E il fenomeno viene complicato da riprese dei movimenti quando già sono iniziati quelli di ritorno, come se si propagassero nuovi impulsi motori. Haberlandt ha mostrato che può trasmettersi lungo un breve tratto decorticato della rachide (tolto il parenchima esterno all' anello sclerenchimatico che circonda i fasci). Secondo questo autore non si propaga attraverso zone uccise, il che invece avverrebbe secondo Mac Dougal (*l. c., p. 296*). Non fluisce in seguito a recisione una goccia di liquido. Anche nel Biophytum proliferum, secondo Fitting, (*l. c. 1907, p. 8*), si danno gli stessi fatti di trasmissione.

Non è noto il caso di un impulso motore per effetto degli anzidetti traumi operati in parti non sensibili, relativamente ad altri organi che reagiscono ad urti, come sarebbero filamenti, stimmi irritabili, ecc. (nella Dionaea sono attivi tagli nel lembo fogliare, debolmente sensibile: H. Munk - *Die elektrischen und Bewegungs-Erscheinungen am Blatte der Dionaea, Leipzig, 1876, p. 102*).

Fitting ha mostrato recentemente che fenomeni i quali ricordano da vicino quelli descritti della Mimosa, hanno luogo in cirri (*l. c. 1904, p. 426*). Ferite che, come in questa devono essere abbastanza profonde da penetrare nel cilindro centrale, sono in grado di provocare nei viticchi la curvatura che si ottiene in seguito al particolare stimolo meccanico (aptotropo) attivo su di essi (dovuta pure ai medesimi fenomeni di crescenza), e diretta nel senso della maggior capacità di rispondenza aptotropa (verso il lato ventrale; è verosimile che anche nei così detti isotropi quest' ultima non sia del tutto identica in ogni senso). Come è da aspettarsi, la curvatura ha luogo solo in parti capaci di reagire aptotropicamente; quindi mai nella regione basale, quantunque in molte specie la recisione possa praticarsi ivi con successo (Passiflore, Actinostemma paniculatum, Lathyrus latifolius). In questi casi, tagliando gli organi presso la loro inserzione, si ha il movimento nella regione sensibile verso l' apice, la quale si incurva, quindi a notevole distanza dal punto ferito (il raggio dell' inflessione, come nelle aptotrope, va aumentanto verso la base). Nell' Actinostemma si propaga pure per lo più ai due rami che l' organo possiede, o almeno ad uno. Nel Lathyrus latifolius, in cui sono parecchi e a disposizione pennata, a tutti quanti; ed anzi si osserva che il fenomeno ha luogo anche tagliando il getto sotto la foglia cirrifera, e l' impulso si trasmette, non solo al cirro più vicino, ma spesso anche al secondo che segue in alto. Negli altri casi in cui la recisione alla base riesce senza effetto, il movimento si ha meno lontano: è d'uopo decapitarli, e in generale ferire nella regione aptotropicamente sensibile (s' intende che queste azioni riescono anche efficaci nei viticchi del primo gruppo). E la curvatura può pure abbracciare una zona notevole (Thladiantha dubia, Momordica Charantia, Vitis vinifera), mentre in molte Cucurbitacee (per es. Sicyos angulatus, Pilogyne suavis, Cyclanthera) e nella Cobaea scandens è limitata a un brevissimo tratto posto a 5-10 mm dalla ferita, e quindi non offrono che un piegamento a ginocchio (nemmeno in Thladiantha, ecc. la curvatura ha luogo ad immediato contatto col punto ferito, e anche qui lo stimolo deve percorrere un breve spazio che non reagisce). A somiglianza della Mimosa, nei viticchi che si inflettono recidendoli alla

base, almeno in quelli delle Passiflore, operando un secondo taglio dopo che, mantenuta la ferita nell' acqua, si è avuta la ritensione, si ottiene una nuova curva, e spesso è possibile averne una terza, ecc. Invece di recidere il cirro si può provocare la reazione uccidendolo per un breve tratto, per esempio con acqua bollente, cloroformio.

L' inflessione si inizia in generale sincrona rispetto a cirri di confronto irritati aptotropicamente nello stesso tempo che si procede alla recisione (nè si osserva la curva prima in parti più vicine alla ferita); quindi l' impulso motore deve trasmettersi abbastanza rapidamente: la maggior parte dell' intervallo che decorre fra il taglio e il primo curvarsi è devoluto ai processi reattivi. Fitting (*l. c., p. 487*) ne determinò la velocità per la Passiflora coerulea col noto metodo di Helmholtz, che abbiamo già visto applicato dal Bert alla Mimosa (il cirro veniva reciso alla base, e poi, avvenuta la ritensione della curva provocata, seguiva un secondo taglio a 100 mm dal primo), ed ebbe in un caso 10 mm al secondo, in un altro 20, cifre dello stesso ordine di grandezza di valori ottenuti per la Mimosa.

Si è già detto che le ferite per essere attive devono intaccare i fasci vascolari. Asportando per un tratto l' epidermide e gli strati sottostanti (in certi casi si potè constatare di essere giunti in prossimità del cilindro centrale) non viene arrestato l' impulso, e secondo ogni verosimiglianza possiamo ritenere che, come nella Mimosa, segue le vie dei fasci.

L' autore provò su di esso l' influenza di una temperatura molto bassa (*l. c., p. 440*). Con la stessa tecnica seguita per la Mimosa, un tratto di circa 2 cm alla base dei cirri di Passiflore veniva mantenuto 1 ora $^1/_2$-2 ore a 0-2°, e recidendo poscia al disotto ebbe la curvatura normalmente (e senza ritardo; questo però anche se esistente sfuggirebbe con tutta facilità all' accertamento, non costituendo il tempo impiegato nelle condizioni ordinarie dall' impulso a percorrere il breve tratto raffreddato che una minima frazione dell' intervallo decorrente fra la recisione e l'iniziarsi della curvatura, che è di 1 $^1/_2$-2'). Il medesimo risultato gli riuscì colla cloroformizzazione locale, pure per una zona di 2 cm alla base (*l. c., p. 441*): la soluzione di cloroformio usata, ben inteso, non deve essere

troppo concentrata (la satura in acqua è diluita nel rapporto 1 : 2 o 1 : 5, e giunge fino ad una certa altezza nel tubo, in modo che il tratto di viticchio trovasi esposto all' azione dei vapori). A giudicare dello stato di narcosi o meno (il dubbio viene elevato dall' autore quantunque protraesse l' espozizione in taluni casi persino 16 ore) sarebbero utili esperienze di controllo tenendo anche la regione motrice all'azione dei detti vapori (da esperienze di Darwin non pare si raggiunga facilmente l' anestesi nei cirri: C. Darwin - *I movimenti e le abitudini delle piante rampicanti, Trad. di Canestrini e Saccardo, 1878, p. 107).* I risultati di queste ricerche accennerebbero che, come nella Mimosa, non è attivo il plasma nella trasmissione dell' impulso al movimento. L' autore sperimentò pure se viene trattenuto da un tratto ucciso (*l. c., p. 440*; operava come per la Mimosa); e gli risultò, mantenendolo ben inteso bagnato, che, ritesa la curvatura indotta all' atto dell' uccisione, se il viticchio si recide sotto la parte necrotizzata, non ha mai luogo una nuova inflessione, che si produce tagliando al disopra (Passiflora coerulea, P. gracilis). Un comportamento simile abbiamo pure riscontrato nella Mimosa. Mancano esperienze pes decidere se, come in questa, l'impulso dovuto ad ustioni procederebbe lungo il tratto necrotizzato.

All' atto della recisione si ha la fuoruscita di una goccia di liquido in certi cirri (Passiflore e molte Cucurbitacee; di queste ultime, le specie incurvantisi a ginocchio per un breve tratto), mentre in altri manca (Cucurbitacee che reagiscono per estensioni notevoli: Actinostemma, Thladiantha, Momordica; nella Cobaea scandens, nella Vitis vinifera; nel Lathyrus latifolius la ferita si umetta soltanto). Nelle specie che danno l'efflusso, questo si ottiene pure tagliando giovani getti. Se, tolta la prima goccia, si preme colle dita il getto o il cirro (almeno nelle Passiflore), anche a notevole distanza, si può avere l'uscita di nuovo liquido; e così fu possibile constatare direttamente colla lente in parti caulinari che non fluisce nè dalla corteccia (regione esterna) nè dal midollo. In getti adulti dai quali trapela pochissimo liquido, si verifica pure non originarsi nemmeno dal legno già ben formato (*l. c., p. 436*). È quindi probabile che, a somiglianza della Mimosa, derivi dal libro, e più precisamente, almeno in parte, dai tubi cribrosi, come accennerebbe

nelle Cucurbitacee la sua composizione chimica (*l. c., p. 449;* mancano elementi corrispondenti alle cellule tubulose di Haberlandt).

Anche una brusca plasmolisi locale, come nella Mimosa, provoca la reazione (Passiflore: *l. c., p. 442*), che non avviene se la plasmolisi procede più lenta; ed è notevole pure che, a somiglianza di questa specie, un tratto prima plasmolizzato non è più in grado di condurre lo stimolo (dovuto a recisione), anche se, sostituendo la soluzione salina con acqua pura, riprende la turgescenza.

Dall' insieme dei fatti esposti emerge molta analogia fra queste trasmissioni d' impulso motore e quelle che abbiamo esaminato nella Mimosa. La considerazione che l'efflusso di una goccia di liquido nella recisione manca in un certo numero di casi nei quali la curvatura può essere indotta a notevole distanza, mostra non vi si deve attribuire che una limitata importanza. Ad ogni modo però si potrebbe ancora pensare che sieno in giuoco fenomeni di movimento dell'acqua (Fitting vorrebbe trarre in campo i tubi cribrosi).

Queste curvature dei viticchi dovute a ferite non avvengono in generale in natura e non sono di alcuna utilità alla pianta, e quindi i fenomeni di conduzione non devono ascriversi a speciali adattamenti. Data la facile irritabilità della regione motrice (che reagisce alle azioni più svariate, meccaniche, termiche, chimiche, elettriche: p. 120), anche fenomeni interni offerti dall' acqua potrebbero essere in grado di indurre l' eccitazione. E lo stesso può dirsi per la Mimosa.

Parrebbe si colleghino a queste curvature dei cirri quelle ottenute frequentemente da Darwin (*Le piante insettivore, Trad. di Canestrini e Saccardo, 1878, p. 157*) nei tentacoli della Drosera, recidendoli a brevissima distanza sotto le ghiandole.

Nella Mimosa può aversi una qualche propagazione del movimento anche stimolando direttamente organi motori (a mezzo di un debole urto sul lato sensibile del cuscinetto). Indotto così il moto in una fogliolina, si ottiene nell' opposta e successivamente in altre ancora in senso basipeto e basifugo, ma d' ordinario non si estende ad altre pinnule nè al cuscinetto primario. A Pfeffer, nelle esperienze di cloroformizzazione che abbiamo descritto, risultò pure che l' impulso ottenuto

irritando i pulvini di foglioline terminali si propaga al di là della zona esposta all'azione dell'anestetico (non però in tutti i casi). Nelle ricerche di Haberlandt, pure ricordate, nelle quali venivano necrotizzati brevi tratti, mentre attraverso a questi si trasmetteva l'impulso al movimento provocato da ferite, ciò non aveva luogo se dovuto a stimolazione diretta dei cuscinetti. Ad ogni modo è verosimile che nemmeno in questo caso siamo in presenza del propagarsi di una vera eccitazione plasmatica; e si è pensato di far entrare in campo in qualche modo il liquido espulso dal parenchima irritabile del pulvino all'atto del movimento, riversantesi negli intercellulari, il quale giunga in piccola parte anche nel fascio centrale; senza escludere che possa essere in grado di provocare un lieve perturbamento nel moto dell'acqua l'improvviso incurvarsi del fascio nel cuscinetto durante il moto (si veda Pfeffer - *Pflanzenphysiol., II, p. 474).*

Siamo allo scuro intorno al modo di trasmettersi l'irritazione da un filamento staminale all'altro nella Sparmannia africana, stimolandone direttamente, che è l'unico esempio conosciuto a proposito di stami (si veda Ch. Morren - *Recherches sur le mouvement et l'anatomie des étamines du Sparmannia africana - Nouv. Mémoires d. l'Acad. d. Scienc. de Bruxelles, 1841, XIV*).

Da Oliver *(Ueber Fortpflanzung des Reizes bei reizbaren Narben - Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch., 1887, p. 162)* fu riconosciuta la propagazione del moto dall'uno all'altro dei due stimmi in Martynia (M. lutea e proboscidea) e nel Mimulus cardinalis (non si verifica nel Mimulus luteus). Se con un ago si stimola uno stimma (sono sensibili sulla superficie interna), e si impedisce ad esso di muoversi, e quindi di irritare per contatto anche l'altro, quest'ultimo si solleva pure, come se fosse toccato direttamente. Il fatto che i fasci vasali, uno per stimma, entrati nello stilo, decorrono paralleli per tutta la sua lunghezza senza anastosmosi, accenna già che la conduzione dell'impulso dall'uno all'altro non deve essere ad essi affidata; ma se ne può anche avere la prova diretta. Oliver recideva il piccolo fascio alla base di una delle due lamelle stimmatiche di Martynia, che si prestano assai bene a queste esperienze per le loro dimensioni notevoli, cercando di danneggiare

meno che sia possibile il tessuto intorno; e ritornata la sensibilità, irritando l'uno o l'altro stimma e impedendone il movimento, l'opposto non toccato reagisce ugualmente. Si sarebbe inclinati a pensare trattarsi della propagazione di un vero eccitamento.

E veniamo ora ai casi nei quali non v'ha il dubbio che il fenomeno di conduzione segua a processi motori, ma avviene direttamente in seguito a una stimolazione; il che ci fa ritenere entri in giuoco il plasma. Nella Masdevallia muscosa, di cui si è parlato, Oliver *(On the sensitive Labellum of Masdevallia muscosa - Annals of Botany, 1887 - 88, I, p. 248)* provò che la trasmissione è affidata ai fasci, giacchè, mentre ha luogo normalmente la reazione ad onta di un taglio trasversale entro il parenchima fra il punto stimolato e la parte motrice, non avviene se il taglio giunge ad intaccarli. Ad ogni modo però deve percorrere un certo tratto del tessuto fondamentale per arrivare ad essi dalla superficie della cresta sensibile. Anche trattandosi di fenomeni plasmatici si comprende la preferenza data ài fasci come vie di conduzione, esistendovi elementi allungati. E nel lembo fogliare della Dionaea e della Drosera, pur essendo in grado di propagarsi tanto nelle nervature quanto nel parenchima, sembra avvengano meglio in queste (bibliografia citata in Pfeffer - *Pflanzenphysiol., II, p. 468)*. Si può qui anche ricordare che le correnti protoplasmatiche indotte in seguito a ferita (Vallisneria, Elodea) si estendono molto più lontano negli elementi viventi dei fasci che non nel parenchima (P, Kretzschmar - *Jahrb. f. wiss. Bot., 1904, XXXIX, p. 273*). Non esistono esperienze sulla trasmissione d'eccitazione nelle Orchidee Pterostylis, dotate anch'esse di labello mobile (Oliver - *l. c., p, 246, 251*).

La conduzione d'eccitamento nella Dionaea, stimolando le setole sensibili (anche le rimanenti parti della superficie fogliare sono irritabili, ma in grado assai minore), è pure molto notevole (si tengano presenti anche i fenomeni elettrici accennati). Il movimento avviene principalmente nella regione della nervatura mediana, ma quasi tutto il lembo vi partecipa alquanto. E alla Dionaea si collega la nostrana Aldrovanda vesiculosa (per ambe le specie: Pfeffer - *Pflanzenphysiol., II, p. 456, 469* e Fitting - *l. c. 1907, p. 10)*.

Si è già accennato al noto caso della Drosera rotundifolia (a cui si collegano numerose altre specie). Si aggiunga che, irritando (aptotropicamente o con stimoli chimici, specialmente con questi ultimi), il movimento si estende ad altri tentacoli (solo i marginali non avrebbero il potere di eccitare per conduzione altri: si veda C. Darwin - *Le piante insettivore, p. 160*): l'eccitazione è in grado di percorrere tratti del lembo (se in giuoco una energica stimolazione chimica la lamina può prendere qualche parte al movimento con incurvarsi al margine). E anche decapitati sono suscettibili di ricevere da altri l'impulso motore, inflettendosi (Darwin - *l. c., p. 164*). Notevolissimo è il fatto che, mentre se un tentacolo viene direttamente irritato (agendo sulla sua glandula) o riceve l'eccitazione da altri del centro fogliare, nel curvarsi si dirige sempre verso il detto centro, se si stimolano tentacoli eccentrici, gli altri a cui perviene da questi l'eccitamento si inflettono eccentricamente verso gli stimolati; il che, come si comprende, può avere una notevole importanza quando vengono catturati insetti. I tentacoli della Drosera possono quindi partecipare di qualità tropistiche. Come nei tropismi a seconda del lato che viene colpito dalla stimolazione, in questi a seconda del lato alla base del tentacolo a cui giunge l'eccitazione, la curvatura risulta diversamente orientata. Per effetto d'irritazione (chimica od aptotropa) hanno luogo, come è noto, delle modificazioni nell'interno delle cellule, visibili esternamente (conosciute col nome di aggregazione), che si propagano dalle capocchie lungo i pedicelli, anche quando l'eccitamento viene ricevuto da altri tentacoli (Darwin - *l. c., p. 165*); le quali però non pare affatto sieno in relazione diretta coll'irritazione motrice, e si osservano pure in altre piante insettivore sprovviste di motilità (si veda per es. A. F. W. Schimper - *Notizen über insectenfressende Pflanzen - Bot. Ztg., 1882, p. 231.* Più tardi, in seguito a stimoli chimici energici, avviene d'ordinario un altro processo, la granulazione, che pare dovuta semplicemente a una reazione chimica, col penetrare nelle cellule di determinati composti).

Nelle foglie di Pinguicula che incurvano i margini per effetto di stimolazione chimica o meccanica, Darwin constatò il movimento ponendo delle goccioline d'infusione di carne cruda lungo la nervatura mediana,

in modo da aver luogo una trasmissione d'eccitazione ai due lati di questa in senso trasversale per un percorso di 5 mm (Darwin - *l. c., p. 252*).

[16]) È noto che il Nêmec (*Die Reizleitung und die reizleitenden Strukteren bei den Pflanzen - Jena, 1901*) descrisse particolari strutture fibrillari in seno a protoplasti nell'apice radicale di varie specie, come pure nel coleoptile e nel mesocotile di Panicum miliaceum, le quali avrebbero importanza nella conduzione di eccitamenti; ma altri osservatori che si occuparono della questione non poterono affatto confermare l'esistenza di queste fibrille conduttrici (si veda G. Haberlandt - *Ueber fibrilläre Plasmastructuren - Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch., 1901, p. 569* e M. Koernicke - *Der heutige Stand der pflanzlichen Zellforschung - Idem, 1903, p. 81* [*Generalversamml.-Helft*]).

[17]) Si veda Burdon-Sanderson - *Die elektrischen Erscheinungen am Dionaea-Blatt - Biol. Centralbl., 1882, p. 481, e 1889, p. 1,* dove l'autore dà un resoconto dei suoi studi sull'argomento (esposti per extenso in altre memorie).

[18]) Come si modifichi la crescenza nelle curvature d'irritazione si può riconoscere in radici, cauli, tracciandovi segni equidistanti con inchiostro di China, e misurando le lunghezze che i tratti delimitati assumono subito dopo l'inflessione al lato convesso e al concavo, come pure sincronicamente in tratti corrispondenti di esemplari non stimolati che si conservano rettilinei (Sachs - *Ueber das Wachsthum der Haupt- und Nebenwurzeln - Arb. d. bot. Inst. in Würzburg, 1, 1873, p. 385, 463;* H. Luxburg - *Untersuchungen über den Wachsthumsverlauf bei der geotropistischen Bewegung - Jahrb. f. wiss. Bot., 1905, XLI, p. 405.* Pei cauli realmente si è proceduto per lo più in altro modo: si veda Sachs - *l. c., 1872, p. 193*). Altre volte, in organi giunti a uno stadio di sviluppo in cui singoli punti a crescenza depressa, e spesso in maniera considerevole, vanno modificando piuttosto lentamente le proprie condizioni d'accrescimento, come ha luogo in nodi caulinari (la crescenza si esaurisce

prima negli internodi, dai quali si differenziano anche esternamente: in certi casi sono attive nel tropismo le guaine fogliari involgenti), nei cirri, in foglie vegetative e fiorali, è sufficiente il confronto dell'accrescimento prima e dopo la curvatura nel medesimo obbietto. I segni (in numero di due) son posti molto vicini, e la distanza ne vien misurata col microscopio orrizzontale, provvisto di micrometro, fissando naturalmente punti speciali, vertici, spigoli, che risaltano nei detti segni ingranditi, tracciati con inchiostro di China. E venne rilevata intensificazione della crescenza, non solo in corrispondenza del lato convesso, ma altresì lungo la linea media fra questo e il concavo (Pei nodi caulinari a proposito delle curve geotropiche si vedano le misurazioni microscopiche di Pfeffer: *Druck- und Arbeitsleistung durch wachsende Pflanzen - Leipzig, 1893, p. 393;* di Barth: *Die geotropischen Wachsthumskrümmungen der Knoten - Leipzig, 1894;* di Luxburg: *l. c., p. 426.* Pei cirri si consulti H. Fitting - *Untersuchungen über den Haptotropismus der Ranken - Jahrb. f. wiss. Bot., 1903, XXXVIII, p. 567.* Pei moti termonastici e fotonastici delle foglie fiorali: Pfeffer - *Physiologische Untersuchungen - Leipzig, 1873, p. 164;* L. Jost - *Beiträge zur Kenntniss der nyctitropischen Bewegungen - Jahrb. f. wiss. Bot., 1898, XXXI, p. 346;* W. Wiedersheim - *Studien über photonastische und thermonastische Bewegungen - Idem., 1904, XL, p. 246.* Pei moti nictinastici delle foglie assimilanti dovuti a fenomeni di crescenza: Wiedersheim - *l. c., p. 231*). Ricorderò che nodi di Graminacee, come pure di alcune specie di Tradescantia (per questa si veda H. Miehe - *Ueber correlative Beinflussung des Geotropismus einiger Gelenkpflanzen - Jahrb. f. wiss. Bot., 1902, XXXVII, p. 532*), conservano ancora la capacità di curvarsi geotropicamente cessata la propria crescenza: l'accrescimento a ciò necessario, che può riuscire considerevolissimo, viene nuovamente ridestato per effetto dello stimolo (per curve geotropiche in organi più adulti ancora si veda a p. 137). Nelle curvature delle parti che abbiamo ora passato in rassegna ad accentuata intensificazione della crescenza, spesso si verifica una qualche contrazione al lato concavo, certamente passiva, dovuta a compressione durante il curvarsi.

Come si è già accennato, le inflessioni d'accrescimento si compiono

in generale assai lentamente, e il tempo di reazione, ossia l'intervallo che decorre fra il principio della stimolazione e l'iniziarsi chiaramente percettibile della curvatura, è notevole. Esporremo alcuni dati a proposito delle geotropiche. Solo in certi casi di piantine si riscontrò di mezz'ora o alquanto meno; assai frequentemente è di 1 ora - 1 ora $^1/_2$ (si veda per esempio Sachs - *Ueber Wachsthum und Geotropismus aufrechter Stengel - Flora, 1873, p. 324;* H. Fitting - *Untersuchungen über den geotropischen Reizvorgang, II - Jahrb. f. wiss. Bot., 1905, XLI, p. 348;* H. Bach - *Ueber die Abhängigkeit der geotropischen Präsentations- und Reaktionszeit von verschiedenen Aussenbedingungen - Idem, 1907, XLIV, p. 116*). Dalle osservazioni del Bach su svariato materiale (*l. c., p. 77*) risulta non varia, sia che lo stimolo geotropico agisca fino all'iniziarsi della curva, o solo per il tempo di presentazione (p. 34), che per lo più, come si è visto, è di pochi minuti: alla minore intensità dell'effetto reattivo non si aggiunge un ritardo nel suo visibile iniziarsi. Lo stesso autore ha mostrato con servirsi come stimolo di forze centrifughe superiori a g (provò sino a 111 g; è verosimile che valori più alti danneggino il materiale), che il tempo di reazione non viene ulteriormente ridotto; operando con forze superiori a g aumenta, prima lentamente (fino a 0,2 g; dalle numerose esperienze di Fitting si deduce, non solo che è all'incirca identico per organi tenuti orizzontali e all'inclinazione di 45°, nella quale ultima posizione si può ritenere attiva come stimolo una componente del valore della gravità 0,71 g [p. 166], ma che conserva questo stesso valore altresì con stimolazioni alternativamente contrarie, facendo ruotare gli organi al clinostato ad asse inclinato e movimento continuo, in modo da passare per posizioni estreme in alto e in basso, a 45° rispetto all'orizzonte [sopra o sotto] e in corrispondenza dell'orizzontale: si veda Fitting - *l. c., I, p. 249, 272*), indi rapidamente. I tempi di reazione diminuiscono poi col crescere della temperatura fino ad un certo limite, oltre il quale aumentano di nuovo (Bach - *l. c., p. 70*), come appare dalla seguente tabella che si riferisce a fusticini di Vicia Faba:

Temperatura . . .	14°	17°	20°	25°	30°	35°
Media dei tempi di reazione	123'	115'	98'	65'	48'	81'

Si dà quindi un optimum.

Come si è sottinteso, i tempi di reazione si riferiscono all'inizio della curva chiaramente avvertibile ad occhio nudo. Secondo le ricerche del Bach, col microscopio orizzontale è possibile cogliere alquanto prima il sollevarsi o reclinarsi geotropico degli organi (Bach - *l. c., p. 114*); così in fusticini di Vicia Faba 27-30' dopo il principio della stimolazione anzichè 44-52', come avrebbe luogo osservando ad occhio nudo; in radicule di Lupinus albus dopo 23-30' in luogo di 30-42'. Da queste osservazioni del Bach, abbastanza estese, si sarebbe condotti a dedurre che i risultati ottenuti anteriormente da Moisescu (*Kleine Mitteilung über die Anwendung des horizontalen Mikroskopes zur Bestimmung der Reaktionszeit - Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch., 1905, p. 364*) col microscopio orizzontale su radichette per esempio di Lupinus albus, reclinantisi già nel primo minuto d'induzione geotropica, sono da attribuirsi a nutazioni spontanee. Ma recentissimamente W. Polowzow in una nota preventiva (*Experimentelle Untersuchungen über die Reizerscheinungen der Pflanzen, etc. - Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch., 1908, XXVI a, p. 65*) deduce pure da studi propri (ad esempio in fusticini di Helianthus), una prontissima rispondenza reattiva.

Il fatto che i « tempi di reazione » non si riferiscono realmente al primo curvarsi non toglie ad essi valore, rappresentando ad ogni modo i tempi richiesti perchè la reazione raggiunga una data misura.

Come contrapposto alla lentezza delle curve geotropiche abbiamo già ricordato le inflessioni aptotrope di cirri. Nella Cyclanthera pedata la curvatura in condizioni di maggior sensibilità è già percettibile in generale dopo 10", e prontezza di rispondenza non molto inferiore è dato di osservar pure nel Sicyos angulatus e nella Passiflora gracilis; nella P. alata il movimento si inizia (sempre riferendoci alle osservazioni ad occhio nudo) dopo 1-2', ecc. (si veda O. Müller - *Untersuchungen über die Ranken der Cucurbitaceen - Beitr. z. Biol. d. Pflanzen, IV, 1887,*

p. 103; Pfeffer - *Zur Kenntniss der Kontaktreize - Unters. a. d. bot. Inst. z. Tübingen, I, 1885, p. 486;* C. Darwin - *I movimenti e le abitudini delle piante rampicanti, Trad. di Canestrini e Saccardo, 1878, p. 94, 107*). Abbiamo però dei viticchi che reagiscono lentamente, per esempio nella Smilax; nella Dicentra thalictrifolia dopo 30-40', ecc. (Darwin - *l. c., p. 73, 76*).

Del resto il fatto che in epicotili di Vicia Faba il tempo di reazione geotropica (1 ora $^1/_2$ circa) non subisce ritardo con stimolazione effettiva del tempo di presentazione (6 - 7'), ma operata ad intermittenza, cioè inframezzata da periodi di riposo, rispetto a quanto ha luogo se lo stimolo agisce continuo, quantunque nel primo caso la totalità della stimolazione riesca in ritardo di circa $^1/_2$ ora, accennerebbe che anche in queste tarde curvature i processi reattivi entrano in campo già prima che lo stimolo abbia operato per il tempo di presentazione (Fitting - *l. c., II, p. 358*).

Che in tutte le inflessioni di cui ci siamo occupati negli allungamenti verificatisi sieno in giuoco fenomeni di crescenza, è mostrato dal fatto che riescono permanenti, e le ritensioni delle curve provocate, che possono aver luogo dopo un certo tempo (p. 96), si devono a successive elongazioni preponderanti del lato concavo, fino ad uguagliare il convesso. L'allungamento rapidissimo che ha luogo in certi cirri (si conoscono però nel regno vegetale esempi di crescenza ancora più intensa: si veda Pfeffer - *Pflanzenphysiol., II, p. 19*) può far sorgere il dubbio che entrino subito in giuoco distensioni delle membrane per effetto di un aumento del turgore, le quali verrebbero in seguito fissate da fenomeni di accrescimento propriamente detto (aggiunta di nuova sostanza alle pareti cellulari). Le esperienze di immergere senz'altro questi organi curvati in una soluzione plasmolizzante non sono in grado di risolvere la questione, perchè il sale penetra assai lentamente attraverso la cuticula, ed è possibile una ritensione per continuata crescenza; e anche in piccole porzioni recise la plasmolisi è tarda. (Fitting - *l. c., p. 596*). Io però ho provato in cirri grossi e a rapidi movimenti (Cucurbita Pepo, Passiflora alata), reciso un tratto appena curvato, di portarlo in una soluzione di cloruro di sodio al 20 %, dopo asportata

una striscia longitudinale lungo un fianco, in modo che il sale possa giungere con tutta facilità nei tessuti interni; ed osservai in pochi minuti il ritendersi di gran parte dell' inflessione, anche quando già notevole. Questi risultati accennerebbero all' intervento di un aumentato turgore. (Si noti però che quantunque la detta spiegazione apparisca la più verosimile, la reversibilità del fenomeno risulterebbe pure se l' irritazione avesse subito in qualche modo l'effetto di rendere più estensibili le membrane, mediante particolari azioni su di esse del plasma, senza variare l'energia osmotica di cui dispone il succo. Ne verrebbe un aumento del volume cellulare, e non venendo sorpassati i limiti di elasticità delle pareti, colla plasmolisi potrebbe non restar traccia delle distensioni in esse verificatesi. Anche in questo caso l' ulteriore intervento della crescenza della membrana renderebbe permanente il fenomeno). L' accentuata distensione al lato convesso sarebbe agevolata nei viticchi anisotropi da un maggior sviluppo del parenchima (a elementi più grandi) presso il lato morfologicamente superiore, che diviene convesso nella curvatura; il che si osserva, oltrechè nei cirri delle Cucurbitacee anche in quelli delle Passiflore, d'origine assile; assai appariscente riesce nei sensibilissimi di Passiflora gracilis (regione verso l'apice dotata della maggior irritabilità).

In quanto alle curve assai tarde, come le geotropiche, non è il caso di parlare di una funzione del turgore di questo genere. Le recentissime ricerche di Kerstan (*Ueber den Einfluss des geotropischen und heliotropischen Reizes auf den Turgordruck in den Geweben - Beitr. z. Biol. d. Pflanzen, IX, 1907, p. 163)* hanno mostrato che in realtà bisogna ammettere in certi casi (nei nodi p. es. di Hordeum) una produzione in più di sostanze osmoticamente attive verso il lato convesso, ma quando l'organo ha già cominciato a curvarsi.

[10]) Curvature d'accrescimento dei vegetali possono offrire qualche analogia nel mondo animale, per il fatto di riuscir permanenti, con le inflessioni eliotropiche che è dato osservare in rami di colonie di Eudendrium, in tubi di Spirographis, Serpula, ecc., con le geotropiche dei gambi di Antennularia, ecc. (si veda J. Loeb - *La dynamique des phé-*

nomènes de la vie, Traduz. di Daudin e Schaeffer - Paris, 1908, p. 216, 218, 221, 263).

[20]) Si veda contro una contrazione attiva dei protoplasti in questi movimenti Pfeffer - *Zur Kenntniss der Plasmahaut und der Vacuolen etc. - Abhandl. d. math.-phys. Cl. d. Sächs. Gesellsch. d. Wissensch., XVI, 1890, p. 329.*

Le nostre conoscenze sui processi motori sismonastici sono dovute principalmente agli studi classici del Pfeffer compiuti sulla Mimosa pudica e sui filamenti staminali di Cynaree (*Physiologische Untersuchungen - Leipzig, 1873* e *l. c. 1890, p. 320;* si veda anche la *Pflanzenphysiol., II, p. 446*).

Cominciamo ad occuparci di questi ultimi, nei quali, a differenza di quanto ha luogo negli altri casi di movimenti vegetali, si ottiene collo stimolo contrazione di tutto l'organo, e notevole, ad esempio nella Centaurea Jacea del 10-30 %, nella Cynara Scolymus dell'8-20 %; essa avviene nell'intera lunghezza, quantunque meno accentuata alle estremità. Sono costituiti da un parenchima a cellule cilindriche, con pareti sottili o più o meno ispessite a seconda delle specie, che si estende dall'epidermide al fascio centrale; e vi esiste bene sviluppato un sistema di meati intercellulari contenenti aria. Non solo Pfeffer potè constatare, con misurazioni micrometriche di brevi tratti in vari sensi, che nella contrazione il volume del filamento realmente diminuisce, ma nelle specie ad epidermide abbastanza trasparente da lasciar scorgere gli strati più esterni del parenchima, per esempio nella Centaurea Jacea, gli riuscì di accertar al microscopio con notevole ingrandimento, che le cellule di quest'ultimo, accorciandosi in modo notevole nel movimento, non crescono affatto in sezione: quindi scemano di volume, e al momento della contrazione è mestieri che alquanto succo si riversi negli intercellulari. E molte volte (non però sempre) si è potuto verificare fuoruscita di un po' di liquido in filamenti recisi sotto le antere, all'atto del moto (il taglio agisce come irritante, ed è necessario lasciarli ritornare nelle condizioni primitive prima di sperimentare). Assai meglio e in tutti i casi di contrazione si osserva il fe-

nomeno se i filamenti sono stati preventivamente iniettati con acqua negli intercellulari.

In quanto alle cause dirette della contrazione cellulare si offrirebbe oltre l' ipotesi di una diminuzione della pressione osmotica, anche quella a priori non molto verosimile che, senza variare questa, venga provocato coll' irritazione un brusco cambiamento nelle proprietà fisiche della membrana, con aumento della sua forza elastica, in modo da rompersi l' equilibrio esistente fra la detta forza e la pressione osmotica. Una parte del succo verrebbe schizzato fuori delle cellule. Ma Pfeffer ha mostrato che le qualità elastiche delle membrane non son diverse nei filamenti distesi e contratti. Sperimentava in fiorellini fissati alla base, attaccando al tubo delle antere per mezzo di una minuscola morsetta a branchie di sughero, un filo di seta passante sopra una carrucolina, e che porta all' estremità un piccolo piattino di bilancia. Sui filamenti sono delimitati con segni in inchiostro di China dei brevi tratti; e col micrometro del microscopio si misura l' allungamento in essi prodotto da un dato pesetto posto sul piattello, sia nello stadio normale che in quello d' irritazione (per poterli mantenere nella prima condizione è necessario cloroformizzarli; e si sottintende che quando sono irritati bisogna prima con pesetti aggiunti portarli alla lunghezza che misurano espansi). In ambi i casi si ottengono gli stessi risultati. A togliere anche l' obbiezione che l' aumento della forza elastica possa essere fugacissimo, e appena espulsa violentemente l' acqua ritorni al valore primitivo, accertò che il peso necessario per distendere i filamenti contratti, fino alla lunghezza iniziale, impedisce loro di accorciarsi quando vengono irritati.

Il contrarsi non potrebbe quindi essere dovuto che a una improvvisa diminuzione della pressione osmotica nel succo cellulare, in modo da non essere più in grado di far fronte alla forza elastica inalterata della membrana, la quale espelle una parte del succo sino a che si ristabilisce uguaglianza fra le due azioni. Il turgore non è affatto distrutto nei filamenti contratti: immergendoli nell' acqua bollente si accorciano ancora del 10-40 %; e l' estensibilità ne è tale che si può in certi casi dalla loro lunghezza minima distenderli del 100 % senza sorpassar il

limite di elasticità. Un accorciamento come nell' irritazione si otterrebbe facendo agire sui filamenti una soluzione di nitrato di potassio a 0,5-1 %; e siccome la pressione osmotica di questo sale all' 1 % è di 3 atmosfere e $^1/_2$, la diminuzione di pressione verificantesi nelle cellule all' atto del movimento risulta di 1,7-3,5 atmosfere. Rapportandola all' area di sezione dell' organo si deduce l' energia con cui il moto si compie; e si giunge a dati concordi con quelli che si possono ottenere direttamente, determinando per esempio la tensione necessaria ad impedire il contrarsi.

In qual modo avvenga la diminuzione della pressione non è dato precisare: solo si possono fare delle ipotesi; e in prima, come si è accennato nello Studio d' insieme, che sostanze osmoticamente attive nel succo, sotto l' azione diretta o indiretta del plasma, si trasformino in altre dotate di minor potere. Ed è ben rilevare non trovasi in disaccordo colla grande rapidità con cui ha luogo la contrazione, giacchè le modificazioni nella composizione del succo potrebbero aver luogo subito nelle regioni esterne delle singole cellule in contatto col plasma.

Passiamo ai movimenti della Mimosa. Nei pulvini motori primari (i secondari e i terziari hanno strutture dello stesso tipo; anche in seguito ci riferiremo ai primari) i tre fasci che dal ramo sono diretti nel picciolo si riuniscono entro il cuscinetto in uno solo centrale, per separarsi di nuovo uscendone. Il fascio risultante è a sezione ellittica coll' asse maggiore perpendicolare al piano del movimento. Il resto del tessuto fino all' epidermide è costituito da un parenchima a cellule globulose, nella metà inferiore dell' organo con pareti poco ispessite, mentre notevolmente di più nella metà superiore (volta al ramo). Negli strati più interni del parenchima abbiamo dei grossi meati intercellulari contenenti aria, che vanno diminuendo d' ampiezza verso l' epidermide, fino a ridursi assai piccoli e triangolari (per l' anatomia dei pulvini di Mimosa si veda anche S. Schwendener - *Die Gelenkpolster von Mimosa pudica - Sitz. d. preuss. Akad. d. Wissensch. z. Berlin, 1897, p. 228*). Il fascio ellittico, nel quale sono sviluppati elementi a parete lignificata e ispessita, è pochissimo estensibile, e data la sua posizione, ne viene la conseguenza, verificata con misurazioni micrometriche, che quando i cusci-

netti irritati si curvano, le linee mediane dei due fianchi destro e sinistro non variano di lunghezza. Il lato inferiore si contrae e il superiore si allunga; e Pfeffer con accurate misurazioni ha provato che la metà inferiore del cuscinetto scema notevolmente di volume, mentre la superiore aumenta un po' meno. Nei moti di ritorno riprendono i volumi primitivi.

Nel parenchima della metà inferiore, come ha luogo pei filamenti delle Cynaree, durante il moto dell'acqua fuoresce dalle cellule e si riversa negli intercellulari, spostando dinanzi a sè una parte dell'aria. Si recida con una affilata lama il picciolo immediatamente sopra il cuscinetto: questo si curva; ma se si mantiene bene all'umido, dopo un certo tempo si ritende, e riacquista l'irritabilità. Se allora, stimolandolo al lato inferiore sensibile, si provoca la reazione, appare sulla sezione alquanto liquido, e se in minor quantità, frequentemente si scorge solo in corrispondenza della metà inferiore; del resto in parecchi casi si accertò che sulla superiore il fenomeno avviene un momento dopo. Inoltre il riversarsi dell'acqua negli intercellulari è accennato dalla colorazione più scura che, almeno in molti casi, apparisce nella metà inferiore del pulvino coll'irritazione, e che scompare quando la foglia si è sollevata di nuovo, colorazione caratteristica dei tessuti verdi quando vengono iniettati d'acqua negli intercellulari (si può constatare direttamente che i cloroplasti non mutano in modo sensibile la propria orientazione; e il cambiamento di tinta si verifica pure coll'irritazione, anche se il picciolo vien fissato in modo da impedire la curvatura).

È molto importante per interpretare in qual modo sia ottenuto il movimento, la conoscenza del come varii la rigidità dei cuscinetti, ossia la resistenza alla flessione prima e dopo il fenomeno, questione che venne studiata già dal Brücke (*Ueber die Bewegungen der Mimosa pudica - Müller's Archiv. f. Anat., Physiol. und wiss. Medicin, 1848, p. 440*). Ecco il metodo seguìto: Si comincia coll'orientar la Mimosa in vaso di maniera che una data foglia venga a trovarsi orizzontale (col picciolo), e per conseguenza il momento statico del suo peso raggiunga il valore massimo, e si misura l'angolo che fa col ramo; indi si capovolge il vaso e si riduce di nuovo la foglia orizzontale,

colla pagina prima inferiore in alto, e si misura una seconda volta l'angolo. Se il cuscinetto fosse perfettamente rigido i valori sarebbero uguali nelle due posizioni: data la flessibità ne consegue una certa differenza, tendendo il peso nell'una e nell'altra a provocare spostamento della foglia in senso contrario rispetto al ramo; differenza tanto maggiore quanto è più grande la flessibilità. Tale differenza risulta 2-3 volte più forte per le foglie irritate che per quelle non irritate (per es. 14° invece di 40°). Il risultato esclude che l'espulsione del succo nella metà inferiore del pulvino sia dovuta ad un brusco aumento della forza elastica delle membrane, perchè in tal caso dovrebbe crescere la rigidezza: è d'uopo ammettere sia in giuoco una diminuzione della pressione osmotica, come nei filamenti staminali delle Cynaree. Le esperienze sulla pieghevolezza escluderebbero pure che gli elementi del parenchima superiore assorbano una gran parte dell'acqua espulsa dalle cellule dell'inferiore, giacchè se così fosse, con l'accresciuta tensione tenderebbe a venir compensata la diminuzione che si verifica in quest'ultimo, e la resistenza alla flessione non dovrebbe scemare considerevolmente. Il liquido che fuoresce dalle cellule rimarrà, almeno in gran parte, negli intercellulari, diffondendosi anche in quelli dei tessuti vicini, coi quali esiste comunicazione, per venir riassorbito durante il lento sollevarsi delle foglie. Ricordo che Hilburg (*Ueber Turgescenzänderungen in den Zellen der Bewegungsgelenke - Unters. a. d. bot. Ins. z. Tübingen, I, 1881, p. 29*) con ricerche plasmolitiche non constatò differenze nella pressione osmotica in sezioni trasversali di pulvini sensibili (che quindi all'atto dei tagli vengono irritati) e di pulvini cloroformizzati o resi insensibili con oscurità prolungata; ma ripristinandosi, come nei moti di ritorno, i composti attivi nella pressione osmotica, questi risultati si potrebbero spiegare.

Il movimento è dunque prodotto dal contrarsi la metà inferiore del pulvino; la superiore colla tendenza ad espandersi che possiede coopera ad accrescere la curva (in piccola misura può contribuirvi anche il peso della foglia). L'aumento in volume che subisce quest'ultima metà si potrebbe, almeno in gran parte, spiegare col fatto che, distendendosi, cresca il volume degli intercellulari. È da escludere affatto sia dovuto al-

l'acqua la quale arriva negli intercellulari (dalla metà inferiore), giacchè non fa che spostare una parte dell'aria ivi esistente, essendo in comunicazione con quelli del ramo e quelli molto ampi del picciolo; e del resto deve essere in piccola quantità: a più forte ragione non può avervi parte una compressione d'aria. Che nel movimento sia attiva la metà inferiore del pulvino vien confermato anche dal fatto che è possibile ottenere la reazione, sia pure indebolita, asportando la superiore, non l'inferiore.

Certamente i medesimi processi hanno anche luogo, oltrechè nella Mimosa pudica, nelle altre Leguminose che reagiscono ad urti, e così pure nelle Oxalidee rispondenti alle stesse azioni, giacchè Pfeffer ha constatato che nell'Oxalis Acetosella (poco sensibile del resto) coll'irritazione diminuisce la rigidità del cuscinetto (*l. c. 1873, p. 74*).

Tutto porta a ritenere che fenomeni simili si svolgono nei filamenti di Berberis, i quali si curvano, come è noto, se stimolati, verso il centro del fiore (sensibilità al lato che diviene concavo). In questi organi recisi si può scorgere che al momento dell'irritazione fuoresce un po' di liquido dalla ferita (Pfeffer - *l. c. 1873, p. 158*. Esistono numerosi piccoli intercellulari nel tessuto motore: si veda Pfeffer - *l. c. 1890, p. 326;* H. O. Juel - *Einige Beobachtungen an reizbaren Staubfäden - Uppsala, 1906, p. 8* [*in Bot. Stud. tillägn. F. R. Kjellman*]. Del resto non è escluso che una parte del liquido espulso dalle cellule si depositi in seno alle membrane notevolmente ispessite, di tipo collenchimatico). Sezioni radiali sottili poste in una soluzione di forte pressione osmotica si accorciano notevolmente in corrispondenza del lato interno, mentre il fascio vascolare, più prossimo al lato esterno, non modifica che di pochissimo la propria lunghezza (Juel - *l. c., p. 15*). Intorno ai processi motori negli altri filamenti e svariati organi reagenti ad urti (sismonastie) ben poco sappiamo di positivo; ma è verosimile sia pure in giuoco una depressione unilaterale del turgore; e i dati anatomici che possediamo vi sono in armonia. (Per stili sensibili si veda M. v. Minden - *Reizbare Griffel von zwei Arctotis-Arten - Flora, 1901, LXXXVIII, p. 238;* per gli stimmi di Martynia e di Mimulus F. W. Oliver - *Ueber Fortleitung des Reizes bei reizbaren Narben - Ber. d. deutsch. bot. Ge-*

sellsch. 1887, p. 165; per il labello della Masdevallia muscosa lo studio pure di Oliver cit. a p. 72. Il Chauveaud [*Mécanisme des mouvements provoqués du Berberis - Comptes rend. d. l'Acad. d. Sciences, 1894, CXIX, p. 103*] e il Dop [*Contribution á l'étude des mouvements provoqués chez les végétaux - Bull. d. l. Soc. Bot. d. France, 1904, p. 415*], i quali pensano ancora ad una contrazione attiva di protoplasti nel movimento, farebbero intervenire come tessuto motore, il primo nei filamenti staminali di Berberis e il secondo in quelli di Sparmannia e negli stimmi di Mimulus, l'epidermide della faccia che rendesi concava, senza però addurre alcuna ragione in appoggio; che anzi verrebbe indicato naturalmente come tale, a somiglianza dei casi che abbiamo studiato, almeno in maniera predominante, il tessuto parenchimatico con intercellulari che si estende dal detto epidermide al sistema conduttore [o una parte di esso]: non è certo dalle figure del Dop che risulta costituir l'epidermide il tessuto motore).

Nelle foglie della Dionaea si avrebbe durante il movimento contrazione in corrispondenza della pagina superiore, e maggior estensione della inferiore (A Batalin - *Mechanik der Bewegungen der insektenfressenden Pflanzen - Flora, 1877, p. 109*).

[21]) I pulvini di cui son dotate alla loro base foglioline, foglie e anche piccioli secondari di un buon numero di specie, come è noto, costituiscono veri organi di movimento, che, curvandosi con processi reversibili, conducono le anzidette parti ad assumere alternativamente la posizione notturna e diurna (movimenti nictinastici; e nelle foglie sensibili ad urti compiono i moti sismonastici), oltrechè le orientazioni che possono competer loro di fronte agli stimoli tropistici della luce e della gravità. Essi sono caratterizzati dalla presenza di un abbondante parenchima fra l'epidermide e il sistema fibro-vascolare, concentrato nella regione centrale.

Noi ci occuperemo ora di studiare i fenomeni motori con cui questi organi compiono le nictinastie.

Che sieno in giuoco solo fenomeni reversibili (movimenti di variazione) è mostrato dal fatto che con misure micrometriche non si notano dif-

ferenze, ritornate le foglie nella posizione iniziale dopo il moto: l'accrescimento vi può partecipare alquanto solo negli organi giovani, ancora in via di crescenza (si veda Pfeffer - *Die periodischen Bewegungen der Blattorgane - Leipzig, 1875, p. 4);* ma noi ci occuperemo solo dei pulvini completamente sviluppati.

Nello studio della meccanica dei detti movimenti riesce preziosa la capacità che gli organi conservano di compierli ancora, sieno pure indeboliti, asportandone una metà longitudinale (superiore o inferiore) con lasciar unito il fascio alla parte rimanente. Siccome all'atto del taglio, per la forza espansiva del parenchima residuo si origina una forte curvatura che può anche condurre per esempio la fogliolina ad applicarsi contro altre parti, Pfeffer *(l. c., p. 8)* evitava questo inconveniente facendola agire sopra un dinamometro a leva; il quale rende inoltre palesi le fotonastie. Lo strumento consiste in una leva girevole in un piano verticale, a tre bracci, di cui due orizzontali e il terzo verticale, diretto all'ingiù, con un pesetto all'estremità, il quale fa crescere la resistenza al moto a misura che la leva viene spostata. La foliola spiega la sua azione sopra uno dei bracci orizzontali, assai breve, mediante per esempio due fili metallici sottili intrecciati, tenuti fissi alla rachide sino al cuscinetto con filo (le perforazioni nel parenchima che si rendono necessarie non diminuiscono la capacità al movimento), e che all'altro capo vengono applicati contro uno dei due uncinetti di cui l'estremità del braccio è provvista; il secondo braccio girevole sopra un quadrante graduato indica la posizione che il sistema assume, e si sposta se la foglia tende a rialzarsi o ad abbassarsi. Gli autori i quali si occuparono di queste esperienze (che verremo ora citando) hanno verificato concordemente che, non lasciando del pulvino se non la metà la quale nel movimento dell'organo intiero per assumere la posizione notturna (vedremo a p. 108 che gli stimoli non consistono sempre nella diminuzione della luce, ma possono anche essere dovuti all'illuminazione cominciata al mattino, con un lungo periodo latente per la reazione) diviene convessa, questo ha pure luogo nello stesso senso; quindi non essendo la lunghezza del fascio fibro-vascolare suscettibile che di modificazioni insensibili, bisogna ammettere nel parenchima

cresca la forza espansiva. Riguardo al modo di comportarsi dell'altra metà nelle stesse condizioni, Pfeffer *(l. c., p. 7)* constatò, sperimentando sopra un certo numero di specie (pulvini secondari in Phaseolus vulgaris, Desmodium gyrans, Trifolium incarnatum, Oxalis Acetosella, Erythrina), che se rimane essa dell'organo, il movimento avviene in senso contrario rispetto a quanto si osserva nel cuscinetto intatto; e lo stesso verificarono Paoletti nei pulvini primari di Porlieria hygrometra (*Sui movimenti delle foglie nella Porlieria hygrometrica - Nuovo Giorn. bot. ital., 1892, p. 82*), e Pantanelli per questi e pei primari e secondari di Robinia Pseudacacia (*Studi d' Anatomia e Fisiologia sui pulvini motori di Robinia Pseudacacia e Porlieria hygrometra - Atti d. Soc. d. Natural. e Mat. di Modena, 1900, XXXIII, p. 218, 228*). Anche nella metà concava del cuscinetto intero crescerebbe quindi la forza espansiva del parenchima, naturalmente in minor misura che nella convessa. Schwendener sperimentando sui pulvini primari di Mimosa (*Die Gelenkpolster von Mimosa pudica - Sitz. d. preuss. Akad. d. Wissensch. z. Berlin, 1897, p. 242*) e su pulvini secondari (*Die Gelenkpolster von Phaseolus und Oxalis - Idem, 1898, p. 176;* però riguardo alla prima delle due specie studiate, venendo oscurata durante il giorno, il movimento osservato sarebbe, anzichè veramente nictinastico, un moto di ritorno seguente un eliotropico: si veda a p. 108; e lo stesso può ripetersi per alcune delle esperienze del Wiedersheim che verranno indicate), con dimidiarli come in queste ultime ricerche, ottenne il moto nel medesimo senso che nell'organo completo, così da accusare il parenchima diminuzione d'espansibilità; e uguale risultato riuscì ad Jost (*Beiträge zur Kenntniss der nyctitropischen Bewegungen - Jahrb. f. wiss. Bot., 1898, XXXI, p. 372*), specialmente in cuscinetti delle foglioline mediane di Desmodium gyrans. Ma Wiedersheim (*Studien über photonastische und thermonastische Bewegungen - Jahrb. f. wiss. Bot., 1904, XL, p. 257, 273*) con studi sul Phaseolus vulgaris e P. multiflorus, istituiti dietro suggerimento del Pfeffer (anche nei pulvini primari di Mimosa, in condizioni speciali), trovò che in generale i risultati sono discordi secondo che la resezione è più o meno profonda. Se, asportandosi la metà superiore, il taglio giunge solo in vicinanza

del fascio centrale, nella maggioranza dei casi sortirono risultati conformi a quelli di Schwendener e Jost: le foglioline reclinano assumendo la posizione di notte, come accade normalmente. Se invece si toglie via una quantità maggiore di parenchima, e resta allo scoperto la metà della sezione trasversale del fascio, nella più gran parte dei casi ebbe concordanza coi risultati del Pfeffer. Laonde parrebbe che in generale nell' assunzione dell' attitudine notturna anche il parenchima situato dalla parte del lato concavo manifesti, almeno nel suo complesso, una tendenza ad espandersi; e in ciò appare una somiglianza coi movimenti nictinastici che si compiono con fenomeni non reversibili, d' accrescimento, come si è accennato a p. 75. Ma però, mentre in questi ultimi la crescenza si intensifica in corrispondenza della linea media fra il lato superiore e l'inferiore, effettivamente ivi nei pulvini non avviene elongazione, per la presenza lungo la detta linea del sistema fibro-vascolare, non in grado di estendersi; e la metà del cuscinetto che assume la concavità, ad onta della sua tendenza all' espansione, viene compressa dalla forza maggiore dell' altra: anzi dalle esperienze di Wiedersheim si deduce che ad ottenere il detto effetto non è nemmeno necessaria tutta la massa del parenchima di quest'ultima.

Dalle osservazioni in cuscinetti dimidiati si dedurrebbe che nel riassumere l' attitudine diurna diminuisce la forza d' espansione del parenchima, prevalentemente al lato che tende a divenir concavo.

La meccanica esposta è in armonia colle ricerche sulla pieghevolezza dei cuscinetti nello stadio notturno e diurno. Abbiamo già, a proposito dei movimenti sismonastici della Mimosa, preso conoscenza del metodo di Brücke seguito in queste determinazioni (p. 83). Pfeffer per rendere più apprezzabili le differenze degli angoli aumentava il momento statico delle foglioline con sottile filo metallico fissato lungo la rachide e prolungantesi al di là dell' apice, da servire inoltre come indice (del resto si può anche evitare di capovolgere la pianta, applicando un dato pesetto in modo che questo agisca prima dall' alto in basso, e poi in senso contrario all' estremità di un filo che si fa passare sopra una carrucolina: metodo di Schwendener). Egli trovò la

differenza dei due angoli in foliole, per il Phaseolus vulgaris nello stadio diurno 18-20° e nel notturno 9-10°, per il Trifolium pratense rispettivamente 22-25° e 10-11°; per il Desmodium gyrans (fogliolina mediana) e l'Oxalis Acetosella la prima ammonta a 1 $^1/_2$ e fino 2 $^1/_2$ volte la seconda *(l. c., p. 87)*. Hofmeister *(Die Lehre von der Pflanzenzelle - Leipzig, 1867, p. 329)* aveva già rimarcato un aumento di rigidezza alla notte in Oxalis e Trifolium; e questo è stato pure confermato recentemente da Wiedersheim *l. c., p. 273)* per Phaseolus multiflorus e P. vulgaris. Pantanelli trovò pure cresciuta resistenza alla piegatura nei pulvini secondari di Porlieria hygrometra durante la notte (*l. c., p. 230*). Per la Mimosa (cuscinetto primario), mentre secondo Schwendener (*l. c. 1897, p. 249*) non si avrebbe differenza in riguardo alla rigidezza nelle due condizioni (gli organi erano cloroformizzati, il che può rendere le osservazioni meno attendibili, giacchè la cloroformizzazione ha l'effetto di aumentare alquanto la resistenza dei pulvini alla piegatura: p. 123), dalle antiche ricerche del Brücke (*Ueber die Bewegungen der Mimosa pudica - Müller's Archiv f. Anat., Physiol. etc., 1848, p. 451*) e le recentissime di Wiedersheim *(l. c., p. 273)* risulterebbe invece un comportamento come per le altre specie di cui sopra. Il fatto di un aumento di rigidezza nella condizione notturna rispetto alla diurna si comprende perfettamente con un aumento dell'espansione nell'insieme del parenchima.

Questi cambiamenti nell'espansione non sono dovuti rispettivamente a diminuzione e incremento della tensione elastica delle membrane cellulari in modo che dell'altra acqua possa venir assorbita o sia espulsa, perchè nel primo caso la rigidezza non varierebbe e nel secondo dovrebbe crescere: sono quindi in giuoco modificazioni della pressione osmotica. Contrariamente ai risultati anteriori negativi delle ricerche plasmolitiche di Hilburg sui pulvini secondari di Phaseolus vulgaris *(Ueber Turgescenzänderungen in den Zellen der Bewegungsgelenke - Unters. a. d. bot. Inst. z. Tübingen, I, 1881, p. 27)*, il Kerstan recentemente (*Ueber den Einfluss des geotropischen und heliotropischen Reizes auf den Turgordruck in den Geweben - Beitr. z. Biol. d. Pflanzen, IX, 1907, p. 200*) constatò in questa specie nella condizione notturna un aumento di turgore

nel complesso del parenchima, massimo verso la linea mediana superiore (convessa), ed estendentesi anche nella metà del tessuto situato al di là del fascio (dalla parte del lato concavo), non però in tutta quanta: una certa porzione verso il lato concavo non indicava mutamento; e anzi un esiguo tratto in corrispondenza della linea mediana inferiore offre alquanta diminuzione. Quest'ultimo dato di fatto non devesi riguardare come in disaccordo col curvarsi verso l'alto la metà inferiore del parenchima, asportata la superiore, nell'assumere la posizione di notte; giacchè si comprende predomini l'azione della parte con più elevata pressione, e non essendo estensibile il fascio centrale, deve aversi movimento verso l'alto, con tensione passiva del parenchima più esterno che non ha subìto aumento nel turgore. Negli esempi pur constatati da Wiedersheim di curvatura in senso contrario (tolto il tessuto superiore come nel secondo dei casi a p. 89) sarebbe invece in prevalenza l'azione di quest'ultimo.

Nei movimenti che, come è noto, continuano a prodursi, e con ritmo regolare, per un certo tempo dopo che la pianta vien mantenuta artificialmente in condizioni uniformi di luce o di oscurità (p. 109), la pieghevolezza dei cuscinetti non varierebbe (Pfeffer - *l. c., p. 87*); quindi devono avvenire per aumento del turgore nella metà convessa e diminuzione nell'altra, in guisa che i due fenomeni si compensino; e le esperienze con cuscinetti dimezzati che si fanno agire sul dinamometro a leva indicano pure questo diverso comportamento delle due parti (*l. c., p. 83;* la stessa meccanica ha anche luogo nei moti autonomi di foglioline: *l. c., p. 155*). L'armonia dei risultati coi due metodi, pure in questi moti susseguenti, è chiaro indizio che nemmeno sull'attendibilità del secondo possono elevarsi dubbi, cioè che ciascuna metà, anteriore o posteriore del pulvino, isolata, reagisce come quando appartiene all'organo intatto.

In quanto alla non identità dei processi motori nei movimenti dovuti a diretta reazione e nei susseguenti, si potrebbe pensare che anche a proposito di quelli, nell'assumere la posizione notturna il turgore tenda a variare in maniera antagonistica nelle due metà, e che l'aumento il quale si verifica effettivamente, almeno in una buona parte della metà

concava, sia dovuto a fenomeni sovrapponentisi nell'intero pulvino, in concomitanza all'oscurità (durante la notte tende ad aumentar il turgore nelle piante: indicaz. bibliografiche in Pfeffer - *Pflanzenphysiol., II, p. 74*).

Nella cosidetta posizione di sonno meridiano delle foglioline di Oxalis Acetosella, che queste assumono, come è noto, a luce intensa (insolazione), quantunque simile alla notturna (foliole reclinate), la resistenza alla piegatura, come sperimentò Pffeffer, non è punto cresciuta ma diminuita notevolmente rispetto alla diurna a luce diffusa (Pfeffer - *l. c. 1875, p. 60;* nei movimenti dovuti a calore forte che agisce nello stesso senso della luce intensa non varia o debolmente la rigidità dei pulvini: Pfeffer - *Physiologische Untersuchungen, Leipzig, 1873, p. 78;* N. Kosanin - *Ueber den Einfluss von Temperatur und Aetherdampf auf die Lage der Laubblätter, Borna-Leipzig, 1905, p. 49.* È verosimile che la diminuzione alla luce si debba pur attribuire ad azione secondaria).

Gli studi plasmolitici di Hilburg (*l. c., p. 30*) e di Kerstan (*l. c., p. 186*) hanno mostrato che nelle curve geotropiche ed eliotropiche di cuscinetti fogliari ha luogo aumento del turgore nella metà la quale tende a rendersi convessa nel movimento (per le curve geotropiche nel Phaseolus multiflorus in media l'incremento giunge a 5-7 atmosfere, corrispondenti a 1,5-2 % di nitrato di potassio), e diminuzione, minore però dell'incremento, nella metà opposta (non iniziantesi quando l'organo è già in via di curvatura come nel geotropismo dei nodi caulinari: p. 79). E il Kerstan potè accertare essere il secondo fenomeno in anticipo sul primo, il che accennerebbe che sostanze osmoticamente attive emigrano dall'una all'altra parte; e anzi in curve eliotropiche assai lente verificò un incremento in corrispondenza dei fianchi prima che al lato convesso. Il fatto però che l'aumento e la diminuzione non si compensano mostra che ha pure luogo, o trasformazione di composti in sostanze dotate di più elevato potere osmotico, o elaborazione di altre.

[22]) Come io ho dimostrato con misurazioni micrometriche (*Un nuovo tipo di cirri - Malpighia, XVII, 1903, p. 424*), nei viticchi delle Sapin-

dacee (Urvillea, Paullinia, ecc.), a differenza di quanto avviene negli altri (p. 75), la curvatura aptotropa ha luogo con notevole contrazione al lato concavo, mentre il convesso non si allunga che pochissimo, probabilmente in via passiva. E la struttura anatomica rende ragione di questo diverso comportarsi: il cilindro centrale spostato verso il lato convesso, con un plesso di fibre dalla detta parte, già lignificate e alquanto ispessite quando l'organo è ancora nello stadio di sensibilità, non permetterebbe ivi un notevole allungamento. E che la contrazione verificantesi nell'abbondante parenchima situato al lato concavo (a pareti alquanto ispessite, ma non lignificate) all'atto del movimento non sia dovuta a depressione del turgore, è mostrato dal fatto che immergendo nel cloruro di sodio al 20 % porzioni di viticchi a cui viene asportata una striscia di tessuto lungo un fianco (p. 78), appena curvatisi, l'inflessione non si accentua o almeno non permane, come sarebbe da aspettarsi dato che il lato convesso non è in grado di contrarsi che pochissimo; ma al contrario si osserva parziale ritensione. Se i cirri sono stati operati prima di curvarsi, non si ha l'inflessione nel liquido plasmolizzante, che non manca mai se immersi nell'acqua. Questi fenomeni non possono spiegarsi se non ammettendo che per effetto dell'irritazione si verifichi anzi un aumento nel turgore, il quale per particolari condizioni dia luogo a un allargamento delle cellule nel mentre si accorciano in senso longitudinale, o che senza variare la pressione osmotica vengano a modificarsi le qualità fisiche delle pareti, con aumento di estensibilità in senso trasversale, ipotesi quest'ultima meno verosimile. Così con la plasmolisi, abolito il turgore, le cellule ritornerebbero in definitiva ad allungarsi. I cambiamenti di forma sarebbero poi fissati dall'aggiunta di nuova sostanza alla membrana. Una simile contrazione longitudinale ha luogo, come è noto, in molte radici, esaurita la crescenza in questo senso: la plasmolisi vi produce un certo allungamento (si veda Pfeffer - *Pflanzenphysiol., II, p. 15*).

[23]) Che, almeno nelle nictinastie dei pulvini motori, la sensibilità non risieda solo al lato convesso o solo al concavo, è mostrato dalle esperienze di dimezzarli, indicate a p. 87.

[24]) I risultati di misure indicanti nelle curvature d'irritazione variazioni in lunghezza dell'organo, tanto verso il lato convesso che verso il concavo (p. 74), se accennano chiaramente ad una partecipazione attiva del complesso delle parti al moto (nel qual senso depongono pure i risultamenti delle esperienze d'incisioni [p. 172], che non si spiegano se non con l'esistenza d'eccitazioni nella metà stimolata e nell'opposta; si abbiano presenti anche i processi motori nelle nictinastie dei cuscinetti fogliari: p. 89; ecc.), non escludono la possibilità che, almeno in certi casi, qualche regione non agisca. Così in radici si dedurrebbe da osservazioni sulla tensione dei tessuti nelle curve traumotropiche (e geotropiche), confrontate con quanto ha luogo normalmente e nelle inflessioni ottenute con mezzi meccanici, che in quelle il cilindro centrale resta passivo, e opera la corteccia (non al solo lato convesso o al solo concavo; si consulti M. Nordhausen - *Ueber Richtung und Wachsthum der Seitenwurzeln unter dem Einfluss äusserer und innerer Faktoren - Jahrb. f. wiss. Bot., 1907, XLIV, p. 622,* ove sono esposti i risultati delle ricerche del Pollock). Si veda anche a p. 75.

[25]) Sopra una medesima sensibilità dello Spirillum rubrum verso KCl e NH_4Cl si consulti H. Kniep - *Untersuchungen über die Chemotaxis von Bakterien - Jahrb. f. wiss. Bot., 1906, XLIII, p. 241.* Si è visto a p. 40 che se un dato chimotattico viene offerto in capillare a microorganismi, essendo pure contenuto nella loro goccia, è necessario perchè si esplichi l'azione stimolante che il rapporto fra le due concentrazioni non sia inferiore a un dato minimo (legge di Weber). Così per lo Spirillum rubrum relativamente a NH_4Cl il detto rapporto è 5. Ora se il capillare ha un tenore in NH_4Cl che nelle condizioni ordinarie pur sarebbe in grado di agire energicamente, essendovi nella goccia di cultura (e altresì nel tubetto) una quantità equimolecolare di KCl (ambedue i sali offrono all'incirca la medesima soglia d'eccitazione), non risulta effetto, come se questa contenesse NH_4Cl. E il Kniep ha sperimentato che il rapporto minimo fra le concentrazioni dei due sali perchè gli Spirilli vengano raccolti è pure 5 (anche se si invertono). Invece la presenza nel liquido di K_2SO_4 o $(NH_4)_2SO_4$ non ha influenza sulla

sensibilità verso KCl (o NH_4Cl), ed entra solo in campo il valore assoluto della concentrazione di questo sale. Le eccitazioni provocate dai cloruri e solfati sono quindi differenti (fino ad uno degli anelli della catena che costituirebbero); mentre lo Spirillum non distinguerebbe fra KCl e NH_4Cl come pure K_2SO_4 da $(NH_4)_2SO_4$, e lo stesso dicasi rispettivamente per gli altri cloruri e solfati.

È da prevedere abbia luogo una diversa percezione per sostanze chimicamente ancora più lontane che non questi composti, come ad esempio nella sensibilità di Bacteri verso asparagina e sali metallici (Kniep - *l. c., p. 237:* studiata in un Bacillus, di fronte al quale del resto non è identica per tutti i sali chimotattici).

E in riguardo alle chimotassie degli spermatozoidi dei Pteridofiti (di natura topica, mentre quelle dei Bacteri fobiche) è stato riconosciuto che si influenzano come sopra le azioni stimolanti spiegate, da una parte dai sali dell'acido malico, e dall'altra dell'acido maleico (spermatozoidi delle Felci: Pfeffer - *Locomotorische Richtungsbewegungen durch chemische Reize - Unters. a. d. bot. Inst. z. Tübingen, I, 1884, p. 399* e di Salvinia: K. Shibata - *Studien über die Chemotaxis der Salvinia-Spermatozoiden - Bot. Magaz., Tokyo, 1905, XIX, p. 40*) o degli acidi fumarico, succinico e tartrico (spermatozoidi di Isoëtes: Shibata - *Studien über die Chemotaxis der Isoëtes-Spermatozoiden - Jahrb. f. wiss. Bot., 1905, XLI, p. 576*). E devesi por mente che, ammettendo un'identità nelle eccitazioni determinate, non abbiamo riguardo che alle qualità delle dette eccitazioni, indipendentemente dai valori per soluzioni equimolecolari. La sensibilità ai malati degli spermatozoidi dei Pteridofiti riposa sopra un processo d'eccitazione differente rispetto a quella di cui possono essere dotati di fronte a sali minerali; i quali del resto deprimerebbero l'irritabilità gli uni verso gli altri (Shibata - *Studien über die Chemotaxis der Spermatozoiden von Equisetum - Bot. Magaz., 1905, XXIX, p. 81; - Studien über die Chemotaxis der Salvinia-Spermatozoiden - Idem, p. 41*).

Naturalmente sono diverse le percezioni degli stimoli nei vari tropismi e tassie (il diverso limite minimo in ossigeno che Correns [*Ueber die Abhängigkeit der Reizerscheinungen höherer Pflanzen von der Gegenwart freien Sauerstoffes - Flora, 1892, p. 137*] ha mostrato richiedersi per

piantine di Lepidium e Sinapis affine di reagire al geotropismo e all'eliotropismo, è verosimile entri in giuoco in fenomeni d'eccitazione; si veda a p. 168); anche qui l'identità di processi motori proverebbe soltanto che i processi d'eccitazione seguono andamenti convergenti, i quali riescono allo stesso risultato (si ricordi però che nei tropismi, per esempio nel geotropismo e nell'eliotropismo, quantunque in azione fenomeni di crescenza, non è affatto dimostrato che le modalità secondo le quali questa si modifica sieno affatto eguali, almeno in tutti i casi, per l'una e l'altra irritazione).

[26]) Per il confronto fra la crescenza durante il curvarsi e il moto di ritorno si può consultare Fitting - *Untersuchungen über den Haptotropismus der Ranken - Jahrb. f. wiss. Bot., 1903, XXXVIII, p. 569,* e pure Wiedersheim - *Studien über photonastische und termonastische Bewegungen - Idem, 1904, XL, p. 231.* Anche le curve geotropiche, eliotropiche, ecc. si ritendono in tutto o in parte allontanando l'agente stimolante, purchè l'organo si trovi ancora in via di crescenza (si veda però anche la nota [28]), le geotropiche facendo ruotare le piante al clinostato (asse orizzontale).

E si verificò che, impedita meccanicamente la curvatura d'irritazione, nel qual caso abbandonato il membro a sè stesso si curverebbe immediatamente più o meno, hanno pure luogo i processi che, se libero, condurrebbero alla ritensione; in modo che dopo qualche tempo non esiste più tensione nell'organo (si veda Fitting - *l. c., p. 588, ecc.*).

[27]) Sulla ritensione con fenomeni di crescenza di curvature ottenute meccanicamente: Fitting cit. in nota [26]), *p. 585.*

[28]) Per il ritendersi di curve geotropiche in radici a mezzo di contrazioni: N. Moisescu - *Untersuchungen über den Autotropismus der Keimwurzeln - Leipzig, 1906.*

[29]) Nel processo di ritensione può venire alquanto oltrepassata la condizione rettilinea (per indi ritornarvi) nei viticchi e in altri casi

come nel geotropismo. (In quanto alle ampie oscillazioni descritte da Baranetzky: *Ueber die Ursachen welche die Richtung der Aeste der Baum- und Straucharten bedingen - Flora, 1901, LXXXIX, p. 148* negli epicotili di Phaseolus multiflorus in seguito ad incurvamento geotropico, vi concorrerebbero nutazioni spontanee secondo Wiesner: *Studien über den Einfluss der Schwerkraft auf die Richtung der Pflanzenorgane - Sitz. d. Akad. d. Wiss. in Wien, 1902, CXI, Abt. I, p. 774).*

[30]) Sulle esperienze di stimolazione ripetuta a brevi intervalli in organi nastici, i quali si ritendono dopo un primo movimento, e cessano di rispondere ulteriormente (in certi casi si ripete il moto ancora per qualche tempo, con ampiezza decrescente) si consulti per la Mimosa Pfeffer - *Physiologische Untersuchungen, Leipzig, 1873, p. 56 e Zur Kenntniss der Kontactreize - Unters. a. d. bot. Inst. z. Tübingen - 1, 1885, p. 521;* per filamenti staminali sismonastici A. Hansgirg - *Physiologische und phycophytologische Untersuchungen - Prag, 1893, p. 140;* in stili di Arctotis M. von Minden - *Reizbare Griffel von zwei Arctotis-Arten - Flora, 1901, LXXXVIII, p. 239;* pei tentacoli della Drosera Pfeffer - *l. c. 1885, p. 514;* pei viticchi Pfeffer - *l. c., 1885, p. 507,* e H. Fitting - *Weitere Untersuchungen zur Physiologie der Ranken - Jahrb. f. wiss. Bot., 1904, XXXIX, p. 483.* È necessario un certo periodo di riposo perchè riprendano la sensibilità. Ricorderò che nel caso particolare della Mimosa si è verificato con correnti d'induzione che, se deboli, conserva la capacità a reagire a correnti più forti o ad urti.

Ulteriori studi preciseranno se veramente, e in quali condizioni, hanno luogo fenomeni tetanici (perduramento nella posizione d'irritazione), come nei muscoli animali. (Il Dop per esempio arrebbe osservato stato tetanico negli stami di Sparmannia africana e di Mahonia: *Contribution à l'étude des mouvements chez les végétaux - Bull. d. la Soc. Bot. d. France, 1904, p. 415; Physiologie des mouvements des étamines de Mahonia nepalensis - Idem, 1905, p. 138.* Il fatto che i tentacoli della Drosera restano incurvati, e le foglie di Dionaea chiuse per buon tempo, operando stimoli chimici, si potrebbero assimilare ad un tetano?).

Nelle termonastie dei cirri (C. Correns - *Zur Physiologie der Ranken*

- *Bot. Ztg., 1896, p. 7;* H. Fitting - *l. c., p. 465*) e delle foglie fiorali (si consulti L. Jost - *Beiträge zur Kenntniss der nyctitropischen Bewegungen - Jahrb. f. wiss. Bot., 1898, XXXI, p. 346*) avviene il moto di ritorno anche perdurando la temperatura elevata che ha provocato l'irritazione; e anzi a proposito dei viticchi si sperimentò che lo stesso può aver luogo anche se la temperatura cresce assai lentamente.

[31]) L. Hermann - *Lehrbuch der Physiologie, Berlin, 1900, p. 273.*

[32]) Si veda C. Correns - *Ueber die Abhängigkeit der Reizerscheinungen höherer Pflanzen von der Gegenwart freien Sauerstoffes - Flora, 1892, p. 87.*

[33]) Ci occuperemo di quanto si conosce intorno alla narcosi (oltre il cloroformio e l'etere anche un grandissimo numero di altre sostanze possono spiegare azione narcotica: si veda Overton - *Studien über die Narkose, Jena, 1901*) nel regno vegetale.

E cominciamo dai microorganismi. In alcuni casi, come è stato già accennato, si potè riconoscere, principalmente per opera del Rothert (*Ueber die Wirkung des Aethers und Chloroforms auf die Reizbewegungen der Mikroorganismen - Jahrb. f. wiss. Bot., 1904, XXXIX, p. 1;* quando non è detto altrimenti i dati sono tolti da questo lavoro), aver luogo l'azione narcotizzante (completa) su movimenti d'irritazione, che chiameremo pure anestesi, ad un grado di concentrazione delle sostanze usate (Rothert si servì solo del cloroformio e dell'etere) al quale riescono senza o con debole effetto sul movimento autonomo. Ciò vale per la chimotassia (verso estratto di carne; anche negli altri casi indicati più sotto ci riferiamo allo stesso chimotattico), aerotassia (ossigenotassia), osmotassia di forme di Bacterium Termo, per la chimotassia degli spermatozoidi di Isoëtes japonica (verso i malati; anestetici: cloroformio, idrato di cloralio in 0,05 Mole, benzamide in 0,1 Mole; si veda K. Shibata - *Studien über die Chemotaxis der Isoëtes-Spermatozoiden - Jahrb. f. wiss. Bot., 1905, XLI, p. 600;* probabilmente ha luogo un comportamento simile di fronte ad anestetici negli spermatozoidi di Equisetum,

quantunque l'autore non indichi espressamente che si conserva in buone condizioni la motilità: Shibata - *Weitere Mitteilung über die Chemotaxis der Equisetum-Spermatozoiden - Bot. Mayaz., Tokyo, 1905, XIX, p. 129),* e per l'eliotassia della Pandorina morum. Altre volte invece il narcotico esercita pure una considerevole azione sulla motilità, come si rileva sperimentando sulla chimotassia dello Spirillum tenue, l'eliotassia del Gonium pectorale, la chimotassia del Bacillus Solmsii e specialmente di una forma del Bacillus Amylobacter (per quest' ultimo inclusa ossigenotassia). Nell' Euglena viridis non si riesce ad abolire l' eliotassia che in pochi individui, e infine in un certo numero di casi i narcotici spiegano effetto diametralmente opposto a quanto si è visto sopra: è possibile rallentare il movimento e anche ridurre all' immobilità tutti gli individui senza che in prima apparisca diminuzione dell' irritabilità a stimoli chimici nel flagellato Trepomonas agilis, nelle zoospore di Saprolegnia, nella Beggiatoa alba (per la Beggiatoa di fronte ad ossigeno; sembra che lo stesso abbia luogo in un Clostridium), e allo stimolo della luce nel Clamydomonas Pulvisculus. E non è escluso che in qualche specie la sensibilità (attitudine ad una eccitazione motrice) non sia ancora perduta quando colla facoltà del movimento è soppressa la capacità a reagire.

Rothert in un caso mise in evidenza una azione diversamente intensa dei narcotici su due processi tattici differenti dello stesso microorganismo, una forma di Bacterium Termo, la quale, mentre con una certa dose di cloroformio o di etere è ancora, sebbene più debolmente, chimotattica ed aerotattica, non offre più affatto l' osmotassia.

Risulta dalle ricerche del Rothert che non solo non si ottiene anestesi nei vari microorganismi alle stesse concentrazioni del cloroformio e dell' etere (usati dal 2,5 al 40 % delle loro soluzioni sature), ma altresì che i tenori delle soluzioni dell' uno e dell' altro di uguale effetto possono offrire rapporti differenti nei vari casi.

L' anestesi ha luogo immediatamente, e cessa appena che, esposta all' aria la goccia coi microorganismi (tolto il copriogetti), i narcotici si sono svaporati (o almeno la loro concentrazione è scesa sotto un certo limite; offrono eccezione le colonie di Pandorina morum alle quali

si richiederebbe un tempo notevole per il ritorno della sensibilità fototattica, forse perchè aggregati sferici di cellule, in modo che l'esosmosi del cloroformio avverrebbe più lentamente che in cellule isolate). Se non si produce subito non si osserva nemmeno prolungando l'esposizione alle dette sostanze, il che non può dirsi per l'effetto sulla motilità: l'azione in questo senso di soluzioni medie dei narcotici è progressiva; e dosi che subito non deprimono il movimento, possono rallentarlo dopo un tempo più o meno lungo, senza dubbio con una azione di natura venefica.

In ultimo, a proposito degli effetti anestetici sui movimenti tattici, accennerò che i cloroplasti delle foglioline di Mnium affine e di Mesocarpus non assumono a luce intensa la nota posizione di profilo se esposti all'etere (a 0,5, 1 %), il che avveniva in campioni di controllo ugualmente illuminati, ma non in contatto col narcotico; e si noti che tolti ad esso non mostrano di aver sofferto (F. Elfving - *Ueber die Einwirkung von Aether und Chloroform auf die Pflanzen, p. 16; Estr. d. Oefversigt af Finska Vet.-Soc. Förh., XXVIII, 1886*).

Passiamo all'azione dei narcotici sui movimenti dovuti a stimoli esterni delle piante superiori. Qui gli autonomi sono assai meno frequenti che non in microorganismi (locomozione), e quindi non è il caso di confronti su vasta scala fra i due gruppi di moti. Però, compiendosi la maggior parte con fenomeni di crescenza, si offre la comparazione col comportarsi di questa di fronte alle dosi dei detti composti che sospendono la sensibilità. Interessanti possono riuscire studi degli effetti loro sul propagarsi d'eccitazioni; così pure ricerche comparative sopra irritazioni differenti dello stesso organo motore in una data specie.

L'anestesi si ottiene in generale rapidamente a proposito delle sismonastie, come fu già indicato nello Studio d'insieme. Per le particolarità nella Mimosa si rimanda al lavoro di Pfeffer: *Physiologische Untersuchungen, Leipzig, 1873, p. 64* (Krutickij, come risulta dal rendiconto di Rothert nel *Bot. Centralbl., 1889, XXXIX, p. 379*, usò con successo la iniezione di cocaina all'1-2 % nel tessuto esterno di pulvini). Si possono narcotizzare stami sensibili (si vedano alcune memorie di E. Heckel pubblicate nei *Compt. rend. d. l'Acad. d. Scienc., 1873, LXXVII,*

p. 948; 1874, LXXVIII, p. 985; 1874, LXXIX, p. 49, 922; il Borzì usò anche la cocaina: *Contribuzioni alla conoscenza dei fenomeni di sensibilità delle piante, p. 11 - Estr. dal Natural. Sicil., 1896*), stimmi sensibili (Heckel - *l. c., LXXIX, p. 702;* anche per stimmi abbiamo esperienze di anestesi con cocaina da parte del Borzì: *l. c., p. 3*). Darwin anestetizzò pure le foglie di Dionaea (*Le piante insettivore, Trad. di Canestrini e Saccardo, 1878, p. 204*).

E pei movimenti degli organi aptosensibili Darwin non riuscì ad avere la narcosi nei viticchi di Pisum sativum e Passiflora gracilis con l'esposizione ai vapori di etere (*I movimenti e le abitudini delle piante rampicanti, Trad. di Canestrini e Saccardo, 1878, p. 107*), mentre Correns (*Ueber die Abhängigkeit der Reizerscheinungen höherer Pflanzen von der Gegenwart freien Sauerstoffes - Flora, 1892, p. 130*) l'ottenne nei cirri di Sicyos adoperando anidride carbonica assai concentrata (88 % del detto gas e 12 % di aria; il limite minimo di ossigeno per la conservazione della motilità è 3-4 $^1/_2$ % della quantità normale). Si narcotizzarono i tentacoli della Drosera (Darwin - *Le piante insettivore cit., p. 155;* Heckel - *l. c., 1876, LXXXII, p. 526:* sperimentavano con cloroformio ed etere, Darwin anche con CO_2) e le foglie di Pinguicula (Heckel - *l. c., p. 526*).

Relativamente alle fotonastie delle foglie assimilanti notiamo che nella Mimosa, tenendo la pianta sotto una campana con vapori di etere o di cloroformio, si può riuscire a renderla insensibile a stimoli meccanici, continuando ad aver luogo i moti fotonastici (P. Bert - *Recherches sur les mouvements de la sensitive, 1.ª Memoria, 1867, p. 30 - Estr. dalle Mém. d. l. Soc. d. Scienc. phys. et natur. d. Bordeaux;* G. Bonnier - *Sur les variations de pression du renflement moteur des sensitives a l'état normal et sous l'influence du chloroforme - Bull. d. la Soc. Bot. d. France, 1892, p. 367;* Idem - *Recherches expérimentales sur les variations de pression dans la sensitive - Rev. gén. de Bot., 1892, p. 525*; e con dosi più forti dei narcotici è dato di sopprimere anche questi ultimi, pur ritornando la capacità ai movimenti dopo un certo tempo dacchè vien tolta all'azione dei vapori (Bonnier - *l. c.;* N. Kosanin deprimeva fortemente la sensibilità nictinastica della Mimosa con vapori di etere:

Ueber den Einfluss von Temperatur und Aetherdampf auf die Lage der Laubblätter, Borna-Leipzig, 1905, p. 57). La concentrazione del narcotico che provoca l'anestesi sismonastica è quindi meno elevata che non per la fotonastia. Pei movimenti fotonastici in altre specie ricaviamo da Elfving (*l. c., p. 18*) che foglie di Acacia lophanta esposte ai vapori di etere o di cloroformio, coll' oscuramento non assumono la posizione di notte, ma rimangono distese; da Paoletti (*Sui movimenti delle foglie nella Porlieria hygrometrica - Nuovo Giorn. bot. Ital., 1892, XXIV, p. 79*) che con vapori di etere è possibile sospenderli, almeno parzialmente, nella Porlieria hygrometra; e il Kosanin recentemente, (*l. c., p. 61*), oltrechè nella Mimosa pudica, descrisse considerevole riduzione o anche soppressione dei movimenti dovuti all' alternarsi del giorno e della notte usando pure i vapori di etere, nelle foglie di Securigera Coronilla, Trifolium pratense, T. ochroleucum, Phaseolus multiflorus, Oxalis Acetosella, Tropaeolum majus, Anoda Wrightii. Le due ultime specie compiono i moti con fenomeni di crescenza, mentre in tutte le altre, come è noto, sono in giuoco variazioni del turgore. (L'autore non dà indicazioni sul modo di comportarsi delle foglie in seguito, dopo un notevole intervallo dacchè vennero allontanate dall'etere, se non per Tropaeolum e Anoda, nelle quali specie non sarebbe risultato danno permanente; nelle esperienze del Paoletti citate le foglie non perdettero durabilmente la facoltà di compiere i moti nictinastici).

Il Tassi (Fl. Tassi - *Degli effetti anestetici del cloridrato di cocaina sui fiori di alcune piante, Siena, 1885 - Estr. dal Bollett. d. Soc. fra i Cult. di Sc. Mediche; Dell' anestesia e dell' avvelenamento nei vegetali - Nuovo Giorn. bot. Ital., 1887, XIX, p. 58; Degli effetti anestetici dell' ipnone e della paraldeide sui fiori di alcune piante, Siena, 1887 - Estr. pure dal Bollett. c. s.*) eseguì numerose esperienze d' azione dei narcotici, come cloroformio, etere, cloralio, ipnone, cloridrato di cocaina, ecc. (per le sostanze non volatili i peduncoli o rametti fioriferi venivano immersi nelle soluzioni) sui movimenti di apertura e di chiusura di fiori (almeno per una gran parte dovuti agli stimoli della luce o del calore), per es. di Nymphaea, Oxalis, Anemone coronaria, Ficaria ranunculoides, Eranthis hyemalis, ecc., riuscendo a sopprimerli. Però mancano in ge-

nerale ricerche tendenti a verificare essere i detti effetti per determinate dosi solo transitori; in un certo numero di casi si rileva che i fiori ebbero a soffrirne anche in seguito.

Sull'azione degli anestetici nei tropismi, che, come l'aptotropismo ricordato e una parte delle fotonastie, si compiono in generale con fenomeni di accrescimento, possediamo dati limitati. È da aspettarsi che, almeno in un certo numero di casi, la dose anestetizzante non coincida aon quella necessaria a sospendere la crescenza. Lo Schellenberg (*Untersuchungen über den Einfluss der Salze auf die Wachsthumsrichtung der Wurzeln, zunächst an der Erbsenwurzel - Flora, 1906, p. 498*) verificò questo fatto per il galvanotropismo delle radicule di Pisum: il tropismo non ha luogo aggiungendo al liquido (che contiene 0,1 o 0,05 % di KCl) 20 % di acqua di cloroformio (cioè della soluzione satura), quantunque mostrino ancora accrescimento. Ma potrebbe verificarsi il caso inverso, cioè arresto della crescenza prima che venga soppressa la capacità all'eccitazione: allontanando a tempo le piante dal narcotico, e impedite nuove stimolazioni, sarebbe possibile ottenere la curva tropistica. Steyer (*Reizkrümmungen bei Phycomyces nitens, Pegau, 1901, p. 7*) ebbe a riscontrarlo nei peduncoli sporangiferi pi Phycomyces. Posta la coltura sotto una campana ove è una vaschetta con acqua di etere al 3 $^1/_2$ %, cessa tosto la crescenza, e naturalmente non si osservano curve eliotropiche se illuminati da una parte; ma queste hanno luogo chiaramente levando i Phycomyces dopo mezz'ora dal narcotico, e tenendoli in condizioni favorevoli allo scuro. Allo stesso modo agisce l'etere di fronte al geotropismo del Phycomyces. Il Burgerstein (*Ueber die Wirkung anästhesierender Substanzen auf einige Lebenserscheinungen der Pflanzen - Verhandl. d. zool. - bot. Gesellsch. in Wien, 1906, p. 259;* così risulta anche da spiegazioni che l'autore gentilmente mi ha fornito per lettera) sperimentò pure che in ipocotili esposti all'induzione geotropica in atmosfera con vapori di cloroformio, non avviene la curvatura verso l'alto, e nemmeno l'accrescimento, i quali fenomeni si compiono (senza nuova stimolazione) se dopo mezz'ora vengono ad esso sottratti. Non è però escluso, almeno in questo secondo caso, che sia in giuoco solo l'induzione stabilitasi al principio, quando il narcotico non ancora ha fatto

sentire una considerevole azione sulla crescenza (come è noto i tempi di presentazione sono relativamente brevi: p. 34). Che l'eccitazione geotropica possa conservarsi anche durante la narcosi dell'accrescimento è mostrato da esperienze di Correns (*l. c., p. 134*), nelle quali piantine di Helianthus annuus orizzontali venivano immerse in acqua di cloroformio diluita (all' 11 %), quando a mezzo del microscopio orizzontale si riconosceva cominciata l'erezione, col risultato che il movimento procede subito ancora per qualche tempo rallentando, poi cessa: orbene se le piantine si tolgono via e si lavano con cura, tenute indi verticali, riprendono a curvarsi. Se il cloroformio ha agito più a lungo, non si ottiene ulteriormente l'inflessione; la crescenza si riattiva solo molto più tardi, e l'eccitazione avrebbe anche il tempo di esaurirsi. (Pure a Czapek sarebbe risultato sotto l'azione del cloroformio, ecc. abolizione di una visibile rispondenza geotropica in radichette, senza che venga sospesa completamente la capacità all'eccitazione: *Weitere Beiträge zur Kenntniss der geotropischen Reizbewegungen - Jahrb. f. wiss. Bot., 1898, XXXII, p. 199*).

Ricorderò che Fitting in recentissime esperienze rilevò una depressione della facoltà di trasmettere l'eccitazione eliotropica lungo i cotiledoni delle piantine di Avena sativa (illuminati solo all'apice), bagnati con acqua di cloroformio al 25 % (per un breve tratto, servendosi di opportuno dispositivo: H. Fitting - *Die Leitung tropistischer Reize in parallelotropen Pflanzenteilen - Jahrb. f. wiss. Bot., 1907, XLIV, p. 226*).

Sia in ultimo accennato che a giudicare i dati esposti devesi tener conto anche della maggiore o minor facilità di penetrazione dei narcotici nell'interno dei tessuti (dalle vie conduttrici al tessuto sensibile-motore, se rametti, ecc. vengono immersi nella soluzione dell'anestetico; ma questo mezzo non sembra da consigliarsi in generale; se il composto attraversa con difficoltà l'epidermide, si potrebbe, quando non ne derivano inconvenienti, asportarla parzialmente).

È anche il caso di menzionare che, come negli animali, riesce possibile nelle piante ottenere in certi casi effetti eccitanti da parte di sostanze narcotiche (a debole concentrazione), sotto forma per esempio di accelerazione della crescenza (si veda il lavoro di Burgerstein già citato, *p. 256*), di anticipo nello svolgersi delle gemme (W. Johannsen

- *Das Aether-Verfahren beim Frühtreiben - Jena, 1906* [2.ª *ediz.*]); fra i microorganismi il Chlamydomonas Pulvisculus, trattato con acqua di etere al 20 %, pare aumenti la propria sensibilità alla luce (Rothert - *l. c., p. 66*). Notevolissimo è il fatto descritto da Kosanin (*l. c., p. 60*) che foglie di Mimosa, rese insensibili sismonasticamente con oscurità prolungata (7 giorni), possono riacquistare alquanta irritabilità ad urti in atmosfera contenente etere. E può ancora osservarsi in un certo numero di casi azione di questi composti come veri stimoli: per le piante superiori si veda a p. 120, 121, 122; fra i microorganismi si conoscono due schizomiceti che vengono adescati da soluzioni deboli di etere (Rothert - *Beobachtungen und Betrachtungen über tactische Reizerscheinungen - Flora, 1901, LXXXVIII, p. 380.* In qualche specie risulterebbe che il cloroformio inverte la qualità della rispondenza eliotattica: Rothert - *l. c., p. 42*).

[34]) A proposito dei perigoni di Crocus e Tulipa, che rispondono con un movimento di chiusura se la temperatura viene a superare un certo limite, mentre esposti ad un aumento moderato di calore, come è noto, si aprono se chiusi, si veda Pfeffer - *Physiologische Untersuchungen - Leipzig, 1873, p. 190.* Lo stesso ha luogo in certe foglie nictinastiche, che a luce molto intensa (insolazione), anzichè rimaner distese, tendono ad assumere la posizione notturna, invertendosi quindi il senso del movimento, come avviene per esempio nell'Oxalis Acetosella (foglioline reclinantisi: si consulti Pfeffer - *Die periodischen Bewegungen der Blattorgáne - Leipzig, 1875, p. 59*). In altri casi, come nella Robinia Pseudacacia, il movimento continuerebbe nello stesso senso che col passaggio dall'oscurità alla luce, e la posizione a luce diffusa (foliole distese) verrebbe oltrepassata con tendere le foglioline a chiudersi, ma in senso inverso che alla sera, quindi sollevandosi anzichè reclinandosi; però devesi avvertire che le esperienze a luce intensa offrono difficoltà in quanto hanno luogo particolari fenomeni eliotropici, che non si manifesterebbero, almeno così energicamente, nell'Oxalis (in questa specie si osserva lo stesso moto anche facendo giungere la luce dal di sotto a mezzo di specchi); e fino ad ora non è possibile potersi pronun-

ciare con tutta certezza. Ma si può affermare sicuramente che il calore intenso (non unilaterale) provoca gli effetti anzidetti (anche in Oxalis: si consulti N. Kosanin - *Ueber den Einfluss von Temperatur und Aetherdampf auf die Lage der Laubblätter, Borna-Leipzig, 1905,* ove sono pure indicate le ricerche anteriori. È anche a ricordarsi che a temperature molto basse furono osservate in foglie posizioni che possono non coincidere con quelle assunte coll' oscurità e col calore intenso: Kosanin - *l. c., p. 46*).

[35]) I movimenti nictinastici comprendono termo e fotonastie (non furono ancora riconosciuti con certezza moti veramente idronastici, almeno cospicui).

In prevalenza variazioni nel calore provocano moti (curvature) nelle foglie fiorali di certe specie, che si aprono col caldo e si chiudono col freddo (la chiusura può anche aver luogo, come si è visto a p. 98, dopo un certo tempo, perdurando la temperatura abbastanza elevata che ha determinato l'aprirsi del fiore). Sensibilissimi ai cambiamenti nel calore sono i fiori di Crocus vernus e di Tulipa Gesneriana; i primi reagiscono già, sebbene debolmente, a $^1/_2$ grado di differenza nella temperatura (p. 33), e possono aprirsi in alcuni minuti se portati da un ambiente a 12° in altro a 22°; quelli di Tulipa reagiscono a cambiamenti di 2°. Meno irritabili per esempio sono gli involgli fiorali di Ficaria ranunculoides e Anemone nemorosa, che però in qualunque ora del giorno, indipendentemente dall' illuminazione, con aumento di temperatura possono farsi aprire del tutto o almeno in parte, e con diminuzione chiudere. In altri casi come in Bellis, Nymphaea, ecc. l'apertura e la chiutura vengono determinate principalmente dall' alternarsi della luce e dell' oscurità, che però in grado minore agisce altresì sui fiori molto termonastici; anche in Crocus e Tulipa si sono ottenuti dei movimenti (poco estesi) dovuti solo al passaggio dall'oscurità alla luce e viceversa, senza che possano aver agito cambiamenti nella temperatura. In natura per lo più mutamenti nel calore sono uniti a variazioni nella chiarezza, e i fiori ricevono insieme i raggi termici e i luminosi: vuol dire che per certe specie riusciranno più attivi i primi, per altre i secondi. (Si veda

per quel che precede Pfeffer - *Physiologische Untensuchungen - Leipzig, 1873, p. 181, 198.* Esistono, come è noto, anche fiori che si aprono alla sera). Queste nictinastie hanno luogo con fenomeni di crescenza (p. 75).

I moti di numerose foglie che conducono alle cosidette posizioni di sonno e di veglia, sono determinati dall'alternarsi diurno della luce e dell'oscurità; però anche le variazioni della temperatura possono avervi una certa influenza, e agiscono nello stesso senso (si consulti L. Jost - *Beiträge zur Kenntniss der nyctitropischen Bewegungen - Jahrb. f. wiss. Bot., 1898, XXXI, p. 376*). Si può ritenere in complesso che le radiazioni luminose più attive sono le più rifrangenti; ma anche i raggi meno rifrangenti, come i rossi, bastano a provocarli, agendo più debolmente, come se la luce fosse più scarsa (Pfeffer - *Pflanzenphysiol., II, p. 532*). In un certo numero di piante, è noto, avvengono solo nelle foglie giovani, e sono dovuti a fenomeni di accrescimento (p. 75): si tratta di foglie semplici, le quali di notte, curvandosi, tendono a disporsi col lembo in un piano verticale, alcune con rialzarsi (Chenopodium album, Polygonum aviculare), altre reclinando (Impatiens, Polygonum Convolvulus, ecc.: per questi movimenti sia indicato A. Batalin - *Ueber die Ursachen der periodischen Bewegungen der Blumen- und Laubblätter - Flora, 1873, p. 437*). Ma in moltissimi altri casi, cioè nelle Leguminose e Oxalidee, e anche in specie appartenenti ad altre famiglie (Porlieria, Phyllanthus, Marsilia, ecc.) l'accrescimento vi è estraneo (almeno negli organi adulti), e si compiono con variazioni del turgore (pei processi motori si veda a p. 86): come si sa, sono foglie quasi sempre composte, e la curvatura (può apparire anche una torsione) è limitata ai così detti pulvini motori, che troviamo alla base delle foglioline, di piccioli secondari, se esistono, e di primari. Tutti quanti possono dar luogo a movimenti accentuati, come avviene nella Mimosa, la quale di notte assume all'incirca lo stesso aspetto che se irritata sismonasticamente (il moto sismonastico però, oltrechè di gran lunga più rapido, si compie con processi differenti); mentre altre volte agiscono solo, o in maniera predominante, i pulvini delle foglioline. Queste coll'oscurità sono condotte ad abbassarsi (Oxalis, Phaseolus, Robinia, ecc.) o a rialzarsi (Trifolium, Coronilla, ecc.), portandosi l'una contro l'altra.

Si riteneva fino a questi ultimi tempi che naturalmente la posizione notturna fosse dovuta all'oscuramento, e quindi la diurna al ritorno della luce, ma secondo le recentissime ricerche del Pfeffer (*Untersuchungen über die Entstehung der Schlafbewegungen der Blattorgane - Leipzig, 1907, p. 411*) questo non sempre si verifica: avviene per le foliole di Albizzia lophantà e di Mimosa Spegazzinii (la Mimosa pudica si comporterebbe allo stesso modo, solo che il peziolo primario reagisce notevolmente anche all'oscurità), mentre per le foglioline di Phaseolus e il picciolo primario di Mimosa la posizione di sonno è dovuta all'illuminazione diurna che comincia al mattino, richiedendosi per la reazione un periodo latente assai esteso. Infatti se, dopo che con ininterrotta illuminazione si abolirono i movimenti ritmici diurni (p. 109; o facendo addirittura sviluppare le piantine a luce continua), le piante vengono oscurate, i detti organi non reagiscono (o almeno assai debolmente), mentre se in seguito si espongono di nuovo alla luce, assumono dopo un dato tempo la posizione notturna. Sul Phaseolus Pfeffer sperimentò di protrarre l'oscuramento anche 38 ore, ed ebbe il moto sempre dopo 8-12 ore dall'illuminazione seguente, come quando l'oscurità durava assai meno (*l. c., p. 351*). Che quest'ultima provochi frequentemente, come fu osservato da vari autori, un abbassarsi delle foglioline, sarebbe da attribuirsi ad una certa orientazione eliotropica che si era stabilita (*l. c., p. 367*); nictinasticamente non risponpono ad essa, o almeno con sollevarsi di poco. Invece nell'Albizzia e nella Mimosa l'oscurità fa chiudere in breve le foglioline (il moto comincia dopo 10-30'; del resto ad ottenere il movimento non è necessario sia tolta del tutto la luce, ma basta una diminuzione considerevole); e la posizione di sonno è quindi assunta per effetto del calar della luce alla sera. L'azione della luce vi provoca pure rapidamente moto in senso contrario (questi organi ricordano il comportarsi dei fiori di Crocus e Tulipa che abbiamo visto sopra, di fronte al calore). Possiamo dire che in Phaseolus l'attitudine diurna viene riassunta con un moto di ritorno, dovuto a cause interne, mentre nelle foglioline di Albizzia e di Mimosa entra in campo la reazione alla luce (il moto di ritorno però avrebbe anche luogo perdurando l'oscurità). Esistono passaggi fra i due tipi; così i piccioli di

Lourea vespertilionis, reclinantisi per effetto dell'illuminazione come quelli di Mimosa Spegazzinii, offrono però un periodo latente minore, in modo da assumere la posizione più bassa già nelle ore dopo il mezzogiorno; inoltre reagiscono pure (con un sollevamento, come la Mimosa pudica) se vengono oscurati, e in maniera considerevole, quantunque il moto sia meno ampio di quello dovuto alla luce. Alle foglioline di Mimosa e Albizzia si collegherebbero quelle di molte Acacie, di Robinia Pseudacacia, Trifolium pratense, Oxalis Acetosella, Porlieria hygrometra, Marsilia quadrifolia, ecc., che, oscurate anche nelle ore antimeridiane, tendono rapidamente ad assumese l'abito notturno (*l. c., p. 428)*; mentre accennerebbero al tipo del Phaseolus, non rispondendo o debolmente ad oscuramenti come sopra, altre Phaseolee (Vigna capensis, Dolichos, Erythrina, ecc.), inoltre foglie che compiono i moti nictinastici con fenomeni di crescenza, come Impatiens (nella quale specie si avrebbe una reazione accessoria all'oscurità, diretta nel senso del moto dovuto alla luce), Siegesbeckia (*l. c., p. 373, 430*). Studi ulteriori decideranno se, come è verosimile, esistono anche fiori fotonastici da ascriversi a questo secondo tipo.

I moti fotonastici, quantunque dovuti direttamente all'alternarsi della luce e dell'oscurità, sul qual punto non può sorgere alcun dubbio (ricordiamo anche che in foglie di piantine sviluppate a luce continuata, e quindi non assoggettate mai al ritmo diurno di chiarezza ed oscuramento, non si osservano questi moti: Pfeffer - *l. c., p. 346;* si consulti anche R. Semon - *Uber die Erblichkeit der Tagesperiode - Biol. Centralbl., 1905, p. 244*), non cessano subito se le foglie vengono mantenute in condizioni uniformi di luce o di oscurità, ma continuano per un certo tempo, collo stesso ritmo ed ampiezza decrescente (moti susseguenti) prima di aver fine (si veda Pfeffer - *Die periodischen Bewegungen der Blattorgane - Leipzig, 1875, p. 32* e specialmente Pfeffer - *l. c., 1907, p. 433;* in questo secondo studio l'autore usò il metodo di autoregistrazione a mezzo di chimografo). Devesi notare che in generale è preferibile sperimentar con luce continuata in luogo di continuata oscurità, giacchè quest'ultima frequentemente danneggia la pianta, e i movimenti non perdurano se non breve tempo (Phaseolus, Impatiens;

nel lavoro recente del Pfeffer l'illuminazione artificiale era ottenuta con lampadine elettriche al tantalio). Nel Phaseolus, in certi casi, si poterono osservar ancora a luce ininterrotta per 7 giorni, nella maggior parte dei casi però solo 3-5 giorni; e per questo tempo o poco meno in Albizzia, Impatiens, Siegesbeckia e nel picciolo di Mimosa, mentre in quello di Lourea solo 1-2 giorni. Nelle dette esperienze del Pfeffer si aveva cura di mantenere costante la temperatura, riducendo ad un tal minimo le variazioni diurne da poter escludere entrino in giuoco azioni loro stimolanti. Moti susseguenti sono stati descritti anche in fiori fotonastici, e un accenno si riscontrò pure in fiori termonastici (Pfeffer - *l. c. 1907, p. 434*). Abituata la pianta (e il fenomeno si succedette per innumerevoli generazioni) a compiere regolarmente, sempre collo stesso ritmo, questi movimenti, le foglie non possono ridursi subito all'immobilità al cessare degli stimoli, ma ad essa pervengono definitivamente dopo alcune oscillazioni. E furono descritte 1, 1 $^1/_2$ oscillazioni susseguenti in piantine nelle quali venivano determinati moti geotropici od eliotropici alternativamente in senso contrario (F. Darwin e Miss Pertz - *On the artificial production of rhythm in plants - Annals of Botany, 1903, XVII, p. 93*). Sappiamo anche che in condizioni uniformi la periodicità diurna della crescenza continua ad esplicarsi per un certo tempo (si veda Pfeffer - *Pflanzenphysiol. II, p. 256*). Notevole è il fatto che assoggettando le piante a turni di illuminazione e di oscurità differenti dal giornaliero, dopo che, soggiornate in condizioni uniformi, si esaurirono i movimenti diretti di recezione e le successive oscillazioni, o così sperimentando in piantine su cui il ritmo diurno non ha ancora agito, i susseguenti che è dato osservare quando subentrano ancora luce od oscurità ininterrotte, offrono, almeno in parecchi casi, la periodicità diurna (Semon, *l. c.* e *Hat der Rhytmus der Tageszeiten bei Pflanzen erbliche Eindrücke hinterlassen? - Biol. Centralbl., 1908, p. 225;* Pfeffer, *l. c. 1907, p. 441*). Gli organi avrebbero quindi conservato ed anche ereditato la tendenza alla motilità (nictinastica) nel ritmo diurno con un ciclo di 24 ore (in certi casi, specialmente se gli stimoli sono deboli, questo potrebbe alquanto farsi sentire già nei movimenti di recezione, dovuti come sopra a turni di illuminazione e di oscurità diversi dal diurno: si consulti Semon, *l. c.*).

Per l'azione stimolante, in certi casi invertita, del calore o della luce nelle nictinastie quando l'agente sorpassa una data intensità, si veda a p. 105.

Prima di terminare l'argomento delle fotonastie devesi ricordare che in un certo numero di specie si è riconosciuto non possono aver luogo senza una induzione (unilaterale) della gravità. Essendo lo stimolo un agente diffuso, operante indipendentemente dalla sua direzione, affinchè venga provocata una curva orientata in modo determinato è mestieri una qualche dorsiventralità negli organi, sia pure solo fisiologica (che non apparisce anatomicamente). Ora in Phaseolus questa è labile, e può invertirsi: se le piante vengono tenute capovolte coll'apice verso terra, i detti moti riescono invertiti, in modo da conservare la stessa orientazione rispetto alla gravità; e il lato morfologico del pulvino che assumeva la convessità nella posizione notturna, coll'oscurità tende a divenir concavo. In Phaseolus la dorsiventralità di cui sopra viene quindi indotta dalla gravità, il che è confermato ancora dall'osservazione che al clinostato (con asse orizzontale) non si compiono i movimenti nictinastici (o riescono debolissimi; il perdurar, affievolendosi, per qualche tempo ricorda i susseguenti che abbiamo visto a luce ininterrotta). Un comportarsi simile al clinostato si osserva pure nel Lupinus albus; però a differenza del Phaseolus se la pianta è mantenuta rovesciata non si darebbero più le nictinastie: vuol dire che se l'induzione di gravità necessaria ai detti moti si esaurisce in queste condizioni, non è però in grado di invertirsi. In altre specie come Trifolium pratense, Oxalis lasiandra, Albizzia lophanta, Portulaca oleracea, ecc., non solo le fotonastie continuano in maniera normale (non invertite) se le piante vengono capovolte, ma hanno pure luogo e ugualmente al clinostato: la dorsiventralità nictinastica è quindi inerente, almeno in uno stadio già adulto. Nella Cassia marylandica si osserverebbe un indebolirsi dei moti al clinostato. (Per quanto precede si veda A. Fischer - *Ueber den Einfluss der Schwerkraft auf die Schlafbewegungen der Blätter* - *Bot. Ztg,, 1890, p. 673,* che divide le piante nictinastiche in geonictinastiche e autonictinastiche [naturalmente in conformità della terminologia d'allora usa nictitropico anzichè nictinastico]. Per Impatiens: W. Wiedersheim -

Studien über photonastische und thermonastische Bewegungen - Jahrb. f. wiss. Bot., 1904, XL, p. 256. Nelle foliole di Robinia Pseudacacia vengono a mancare i movimenti fotonastici normali se si capovolgono; non si otterrebbero più che oscillazioni intorno a una posizione obliqua: E. Pantanelli - *Studi di Anatomia e di Fisiologia sui pulvini motori di Robinia Pseudacacia ecc. cit. in nota* [21]*), p. 216).*

[36]) Alle nastie (e sembra anche tropismi: certi filamenti staminali, stili) caratterizzate da sensibilità ad urti unici di corpi, sia solidi, sia liquidi (si veda Pfeffer - *Zur Kenntniss der Kontaktreize - Unters. a. d. bot. Instit. z. Tübingen, I, 1885, p. 517*) appartengono i noti movimenti della Mimosa e di altre Leguminose e Oxalidee (p. 66), i moti degli stami irritabili (Cynaree, Berberis, Sparmannia, Helianthemum, Opuntia, Portulaca, ecc.), degli stimmi irritabili (Martynia, Mimulus, Torenia, Tecoma, ecc.), degli stili di qualche specie (Glossostigma elatinoides, Arctotis aspera e calendulacea), del labello delle Orchidee esotiche Masdevallia muscosa e Pterostylis, delle foglie di Dionaea e di Aldrovanda. Non agiscono come stimoli pressioni che si fanno crescere gradatamente (Pfeffer - *l. c., p. 522*). (Riguardo a particolarità istologiche tendenti a facilitare la recezione degli stimoli si veda Haberlandt - *l. c.* a p. 49). Possono pure irritare flessioni, le quali si traducono, come si sa, in trazioni al lato convesso (nelle pressioni dovute ad urti viene evidentemente causata una certa distensione tangenziale) e compressioni al concavo; ma riescono meno efficaci degli urti che hanno luogo direttamente sulla regione sensibile. Per esempio, i Linsbauer (L. e K. Linsbauer - *Zur Kenntniss der Centaurea-Filamente nebst Bemerkungen über Stossreizbarkeit - Sitz. d. Akad. d. Wissensch. in Wien, 1906, CXV, Abt. I, p. 1741*), facendo cadere da brevi altezze minute goccioline d'acqua sui filamenti staminali di Centaurea disposti orizzontalmente (la corolla era asportata), ottennero il movimento quando non cagionavano che flessioni debolissime; mentre se si piegano fissando la base del fiorellino, e premendo dall'altra estremità contro il tubo delle antere, l'incurvamento può essere 8 o 10 volte maggiore e spesso anche più accentuato senza che ne consegua irritazione. Nella Mimosa e affini

è noto che agisce assai bene come stimolo lo scuotimento dell'intera pianta, ed anzi è sotto questa forma che volgarmente si conosce l'irritabilità della Mimosa: si osservi che anche con far subire scosse alla pianta hanno luogo delle inflessioni, e senza dubbio sono esse in giuoco. Da questa maniera di stimolazione della Mimosa è desunto il nome di sismonastie (σεισμός, scuotimento) usato da Pfeffer (*Pflanzenphysiol., II, p. 496*) per le nastie di cui trattiamo nella presente nota.

Quantunque nella Mimosa, in condizioni favorevoli, se uno stimolo (meccanico) è attivo determina tutto quanto il moto di cui gli organi sono capaci (si veda L. e K. Linsbauer - *l. c., p. 1747*), questo comportamento non è caratteristico per tutto il gruppo; in altri casi, come negli stami di Centaurea americana (K. Linsbauer - *Zur Kenntniss der Reizbarkeit der Centaurea-Filamente - Sitz. c. s., 1905, CXIV, p. 811*), di Centaurea Jacea (L. e K. Linsbauer - *l. c., p. 1742*), nelle foglioline del Biophytum sensitivum (G. Haberlandt - *Ueber die Reizbewegungen und die Reizfortpflanzung bei Biophytum sensitivum - Annal. d. Jard. bot. d. Buitenzorg, Suppl. II, 1898, p. 35*), anche in buon stato di sensibilità, lo stimolo minimo che dà il movimento non ne provoca tutta la possibile ampiezza, e per ottenerla è mestieri venga elevato. In questi casi citati i detti urti a reazione submaxima non son capaci di sommare i loro effetti in un più esteso movimento. Però in foglie sismonastiche poco sensibili, come nell'Oxalis Acetosella, nella Robinia Pseudacacia, ecc., si richiedono urti, scuotimenti replicati per ottenere il maggior moto.

Si è visto nella Masdevallia muscosa il tratto motore separato dal sensibile, ma in generale nelle sismonastie non sono distinti. La sensibilità trovasi d'ordinario localizzata (o più accentuata) al lato che diverrà concavo, in relazione col tessuto motore; ad esempio nelle foglie della Mimosa la stimolazione specifica di un debole urto deve venir operata al lato inferiore dei pulvini primari curvantisi all'ingiù, e al superiore dei terziari che si inflettono in senso contrario.

Questi movimenti, a cui appartengono i più rapidi che si osservano fra le piante superiori, si compiono, almeno nei casi studiati, con depressione del turgore (pei processi motori si veda a p. 80).

[37]) Fra gli organi aptonastici e gli aptotropici occupiamoci in primo luogo dei viticchi, la cui irritabilità fu studiata a fondo da Pfeffer *(Zur Kenntniss der Kontaktreize - Unters. a. d. bot. Inst. z. Tübingen, I, 1885, p. 483).*

Sono sempre insensibili a scuotimenti, anche molto forti da piegarli energicamente, purchè le parti irritabili non vengano in contatto con altri corpi; e se perdura per qualche tempo un po' di curvatura, ciò è dovuto alla plasticità di questi organi: lo stesso avviene in molti giovani cauli. Non offrono inoltre sensibilità alle azioni meccaniche da parte dei liquidi, il che ha pure importanza in natura, non venendo indotti inutilmente a curvarsi per effetto della pioggia o del vento. (Si colpiscono invano i cirri in parti irritabili con getti d'acqua uscenti da stretti tubi di vetro sotto la pressione di una certa colonna di liquido, ad esempio di 50-120 mm ; e possiamo servirci collo stesso risultato negativo anche di altri liquidi, per esempio del mercurio). Fra i corpi solidi solo la gelatina molto ricca d'acqua (almeno con l'86 % di acqua; naturalmente si deve aver cura di mantenerne la superficie umida) non è in grado di irritare. Si immerga una bacchetta di vetro nella detta gelatina resa fluida col calore, così da ottenere un rivestimento di sufficiente spessore per una certa lunghezza, e si sfreghi con questa porzione la parte più sensibile di un cirro: non si avrà mai reazione. (Questa proprietà della gelatina permette di fissare viticchi anche in punti sensibili senza che ne risulti irritazione; basta applicarli nel punto voluto alla bacchetta spalmata di gelatina, raccomandata ad un sostegno, versandovi sopra una goccia di quest' ultima presso a solidificarsi, e mantenendola umida). Tutti gli altri corpi solidi irritano i viticchi, non però, ed in questo a somiglianza della Mimosa, con una pressione che vada crescendo gradatamente. Se prendiamo i corpi più svariati, aghi, aghi irrugginiti (a superficie scabra), bacchette di vetro, di legno, listerelle di carta a smeriglio incollate sopra bacchette, ecc., e le applichiamo con tutta delicatezza sul lato irritabile di cirri fissati colla gelatina in modo da non restar libera che la parte più sensibile su cui si opera, evitando qualunque scossa non si ottiene effetto, anche se a poco a poco aumentiamo la pressione, così da far piegare il pezzetto di viticchio. Ma

la curvatura d' irritazione si produce se durante il contatto hanno luogo degli scuotimenti, quindi con urti ripetuti, sieno pure deboli; e in natura nel cirro che si avvolge intorno a un sostegno possono essere dati da moto anche lieve dell'aria. Si irrita molto bene sfregando, nel quale atto i vari punti dall'epidermide subiscono pressioni e distensioni. Un urto unico non è in generale capace di stimolare, a differenza degli organi sismonastici; solo in cirri sensibilissimi (Sicyos angulatus) Pfeffer constatò che, se forte, può provocare un certo movimento. I corpi solidi riescono attivi anche allo stato di polvere finissima, purchè colpiscano il viticchio con una certa forza; ad esempio irrita la gelatina sulla quale si applica fine argilla impastata con acqua, o un getto di liquido che tiene in sospensione particelle di questa sostanza (diametro dei corpuscoli anche non superiore a $^1/_{25}$ di mm).

Il modo di comportarsi descritto permette di caratterizzare l' irritabilità dei cirri. I liquidi agiscono in continuità sulla superficie premuta, e così pure la gelatina di cui sopra, assai cedevole e plastica, la quale si adatta a tutte le disuguaglianze della superficie dell' organo; il che non avviene pei corpi solidi. Per quanto appariscano lisci, il microscopio vi lascia scorgere rilievi che premono o stirano (nel caso di sfregamenti) disugualmente, e fra i quali si trovano dei punti che non agiscono. Se poi fossero anche lisci al microscopio, basterebbero per una discontinuità d' azione le pareti esteriori dell' epidermide alquanto convesse (ad ogni modo parrebbe che i corpi un po' ruvidi irritino meglio dei lisci). I viticchi non sono dunque sensibili che ad urti o stiramenti in punti distinti assai vicini (che si susseguono con una certa rapidità), in modo da risentire le strutture irritabili, nell' ambito dell' area stimolata, singole azioni deformatrici, come si direbbe, a ripido dislivello; il che non ha luogo coi liquidi, operanti in maniera uniforme o gradualmente decrescente; e tanto meno con un' inflessione. Ed emergono analogie con la sensazione tattile della cute umana. È noto che su di essa le pressioni dei liquidi non vengono percepite (ben inteso devono trovarsi alla stessa temperatura della pelle per non dar luogo a sensazione; si avvertono solo al confine del tratto premuto, mentre nel cirri nemmeno ivi sono in grado di stimolare), e che fino ad un certo limite per uguali

azioni di corpi solidi rapportate all' unità di superficie, riescono più efficaci quelle ad area minore, senza dubbio perchè (come risulta da considerazioni teoriche e anche da prove su lastrette di gelatina) per queste la pressione nell' interno scema con più ripido dislivello (M. v. Frey e F. Kiesow - *Ueber die Function der Tastkörperchen - Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. der Sinnesorgane, 1899, XX, p. 126*). Secondo ogni probabilità hanno importanza nella recezione dello stimolo, come si è accennato nello Studio d' insieme, prolungamenti plasmatici addentrantesi nello spessore della parete esteriore dell' epidermide dei viticchi; i quali però non esistono in tutti i cirri, per esempio mancano in quelli pur sensibilissimi di Passiflora gracilis (si vedano i lavori indicati a p. 49).

Mentre negli organi sismonastici in certi casi (Mimosa) qualunque stimolo, purchè attivo, provoca tutta l' ampiezza di movimento possibile, e in altri, pur avendosi reazioni submaxime, anche stimoli debolissimi sono sufficienti ad ottenere tutto il moto; nei viticchi la curvatura cresce considerevolmente con l' intensità e la durata dell' azione meccanica. Rispondono a seconda dei casi con lievi curve, o col descrivere la parte irritata uno o più cerchi molto stretti.

Per la distribuzione della sensibilità nell' organo estendentesi dall' apice verso la base di pari passo colla motilità, principalmente pei cirri anisotropi (reagenti solo, o almeno in maniera assai più accentuata, se stimolati in un determinato lato, che per lo più è quello morfologicamente inferiore; si veda però a p. 122), e per gli isotropi (che reagiscono più o meno colla stessa intensità qualunque sia il lato irritato) si consulti lo studio di Fitting: *Untersuchungen über den Haptotropismus der Ranken - Jahrb. f. wiss. Bot., 1903, XXXVIII, p. 545* (sia indicato ancora pei viticchi: C. Darwin - *I movimenti e le abitudini delle piante rampicanti*). Come del resto per gli altri organi di questo gruppo, nel movimento la concavità viene sempre assunta dal lato stimolato.

Ai viticchi si collegano i piccioli cirrosi (Darwin - *l. c.*; M. Derschau - *Einfluss von Contact und Zug auf rankende Blattstiele, Frankfurt a M., 1894*) e gli uncini, e i rami sensibili di cui son dotate certe specie tropicali (H. Schenck - *Beiträge zur Biologie und Anatomie de Lianen, I, Jena, 1892*; A. Ewart - *On contact Irritability - Annal. du Jard. bot. d. Buiten-*

zorg, 1898, XV, p. 187); i cauli di Cuscuta, Cassytha e del Lophospermum scandens, mentre, come è noto, ai cauli delle altre piante volubili manca la sensibilità aptotropa (si consulti Pfeffer - *Pflanzenphysiol., II, p. 402, 418);* così pure le radici aeree di talune piante tropicali avvolgentisi intorno a sostegni, come nella Vanilla aromatica, nella Dissochaeta, ecc. (M. Treub - *Observations sur les plantes grimpantes du Jardin botanique de Buitenzorg - Annal. c. s., 1883, III, p. 178;* A. Ewart - *l. c., p. 234;* Went - *Ueber Haft- und Nährwurzeln bei Kletterpflanzen und Epiphyten - Idem, 1895, XII, p. 1*). In quanto alla debole sensibilità (positiva) a un contatto, a lieve pressione, constatata in radichette di certe specie (F. C. Newcombe - *Thigmotropism of terrestrial roots - Beih. z. bot. Centralbl., 1904, XVII, p. 61*), pare piuttosto che, anzichè rientrare veramente nell'aptotropismo, si colleghi al reotropismo (p. 137).

Gli stessi stimoli meccanici attivi nei cirri agiscono sulle capocchie dei tentacoli della Drosera, provocando l'inflessione dei pedicelli (separazione della regione recipiente dalla motrice), come fu stabilito pure dal Pfeffer (*l. c., p. 511*). È inefficace una pressione statica; per esempio minutissime perle di vetro bleu poste delicatamente sulle glandule non irritano evitando qualunque scossa, se il vaso sta sul piatto di un clinostato immobile, ma si ha stimolazione se l'apparecchio è posto in moto, a causa degli scuotimenti che imprime alla pianta. Così pure il mercurio e l'acqua ordinaria non son capaci di provocare il movimento (la gelatina irrita agendo come stimolo chimico). Per particolarità anatomiche in relazione con la recezione dello stimolo si veda Haberlandt - l. c. a p. 49). Sono alquanto aptonastiche le foglie di Pinguicula. In quanto alle foglie della Dionaea, che al tocco di una delle setole sensibili si appalesano organi sismonastici, dal momento che possono reagire anche sfregando la superficie fogliare (K. Goebel - *Pflanzenbiologische Schilderungen, II, 1891-93, p. 201*), non è escluso partecipino alquanto di qualità aptonastiche.

Anche fra le Crittogame possiamo trovare sensibilità dello stesso genere che nei cirri. È interessante il caso dei peduncoli sporangiferi di Phycomyces, nei quali si ottengono inflessioni portandovi in contatto

(certamente in condizione non di assoluta immobilità) per esempio un filo di vetro o di platino, e basta mantenervelo 3-6 minuti perchè riesca notevole. E non è raro in colture fitte trovare un peduncolo debole avvolto intorno ad altro più forte. L'acqua e il mercurio sono come nei cirri inefficaci, e così pure la gelatina che abbiamo indicato sopra (si veda J. Wortmann - *Zur Kenntniss der Reizbewegungen - Bot. Ztg., 1887, p. 801*). Esistono anche funghi di organizzazione più elevata con ife capaci di avvolgersi, come la Sepultaria Sumneriana (E. Boudier - *Sur une nouvelle observation de présence de vrilles ou filaments cirroïdes préhenseurs chez les champignons - Bull. d. la Soc. Bot. d. France, 1894, p. 371*); ed Alghe Floridee come Hypnaea musciformis, Spyridia aculeata, Nitophyllum uncinatum, con rametti speciali ad uncino che si comportano a somiglianza di cirri (M. Nordhausen - *Zur Anatomie und Physiologie einiger rankentragender Meeresalgen - Jahrb. f. wiss. Bot., 1900, XXXIV, p. 236*).

I processi motori consistono in fenomeni d'accrescimento, almeno nei casi che vennero studiati (p. 75. Per la Drosera si veda A. Batalin - *Mechanik der Bewegungen der insektenfressenden Pflanzen - Flora, 1877, p. 39;* ma occorrono altri studi). Anche le ritensioni che si possono osservare in seguito ai movimenti di curvatura sono dovute a fenomeni di crescenza (p. 96).

[38]) Passeremo in rassegna quel che si conosce di più notevole intorno agli altri stimoli capaci di provocare i moti negli organi nastici, oltre quelli che abbiamo visti nelle tre note precedenti, che come attivi in natura e caratterizzanti gruppi di [illegible], chiameremo stimoli specifici (si tengano presenti le considerazioni accennate a questo proposito nello Studio d'insieme).

Cominciamo per comodità dalle sismonastie. Nella Mimosa si può ottenere il moto con un notevole e brusco cambiamento di temperatura, la soppressione repentina dell'insolazione, la subita esposizione ai raggi solari (P. Bert - *Recherches sur les mouvements de la sensitive, 1ª Mem. 1867, p. 19 Estr. dalle Mém. d. Scienc. phys. et natur. d. Bordeaux;* si veda anche N. Kosanin - *Ueber den Einfluss von Temperatur und Aetherdampf auf*

die Lage der Laubblätter, Borna-Leipzig, 1905, p. 6 e Pfeffer - *Ueber die Entstehung der Schlafbewegungen der Blattorgane - Leipzig, 1907, p. 415*). I filamenti staminali di Centaurea americana e di altre specie reagiscono avvicinandovi un ago scaldato ad elevata temperatura (K. Linsbauer - *Zur Kenntniss der Reizbarkeit der Centaurea-Filamente - Sitz. d. Akad. d. Wiss. in Wien, 1905, CXIV, Abt. I, p. 812*), ecc. Correnti di induzione costituiscono stimoli, oltrechè per la Mimosa (Bert - *l. c., p. 19;* si veda anche per esempio W. Gardiner - *On the power of contractility exibited by the protoplasm of certain plant cells - Annals of Botany, 1887-88, p. 364*), per gli stami delle Cynaree (F. Cohn - *Contractile Gewebe im Pflanzenreiche, 1861, p. 21 - Est. dagli Jahresb. d. Schles. Ges. f. vaterl. Cultur*), di Sparmannia africana (P. Dop - *Contribution à l'étude des mouvements provoqués chez les vegetaux - Bull. d. la Soc. Bot. d. France, 1904, p. 415*), Mahonia (P. Dop - *Physiologie des mouvements des étamines de Mahonia nepalensis - Idem, 1905, p. 138*), ecc., per le foglie di Dionaea (si consultino i lavori di Burdon-Sanderson: p. 74). In parecchi dei casi citati si sperimentarono con successo anche correnti continue. Sia qui notato che altri studi decideranno se realmente, come vuole il Bose (*Plant response, 1906*), si danno reazioni nastiche a stimoli elettrici e termici estremamente diffuse nel regno vegetale, sieno pure esigue, in modo da non potersi mettere in evidenza che con dispositivi amplificanti il moto.

Nella Mimosa fu osservato anche il moto col passaggio da una atmosfera satura di vapore ad altra che ne è più povera (Pfeffer - *Ueber Fortpflanzung des Reizes bei Mimosa pudica - Jahrb. f. wiss Bot., 1873-74, IX, p. 316*), e un comportamento simile si dà nella Dionaea (H. Munk - *Die elektrischen und Bewegungserscheinungen am Blatte von Dionaea muscipula, Leipzig, 1876, p. 105*). Così pure sulla Dionaea agisce la sottrazione d' acqua a mezzo di soluzioni che ne sono avide, deponendo in contatto con una setola sensibile una goccia di soluzione concentrata di zucchero (Darwin - *Le piante insettivore, Trad. di Canestrini e Saccardo, 1878, p. 197*) o di cloruro di sodio (Munk - *l. c., p. 105*).

Possono agire stimoli chimici: nella Dionaea vien provocato il moto

con composti azotati umidi, ma più lento che con stimolazione meccanica (K. Goebel - *Pflanzenbiologische Schilderungen, Marburg, II, 1891-93, p. 203).* La cattura di piccoli animaletti in natura è dovuta, come è noto, a quest'ultima; i composti chimici entrano in giuoco in seguito (determinano la secrezione delle ghiandole), e si deve ad essi se la foglia resta chiusa a lungo sulla preda, alla quale le due metà si applicano strettamente, mentre si riapre tosto in seguito a solo stimolo meccanico. La Mimosa, i filamenti staminali di Berberis, gli stimmi di Mimulus vengono irritati dai vapori ammoniacali, e sperimentando con precauzione, senza esserne danneggiati, così da potervi reagire più volte di seguito (C. Correns - *Ueber die Abhängigkeit der Reizerscheinungen höherer Pflanzen von der Gegenwart freien Sauerstoffes - Flora, 1892, p. 99, 109, 115);* stimmi aperti di Martynia bagnati con solfato di stricnina all'1 $^{0}/_{00}$ si chiudono tosto per riapirsi nel corso di 4-5' (A. Borzì - *Contribuzione alla conoscenza dei fenomeni di sensibilità delle piante, Palermo, 1896, p. 3 - Estr. dal Natur. Sicil.*), ecc. Organi su cui agiscono stimoli chimici frequentemente riescono deteriorati e periscono. Anche sostanze narcotiche, come cloroformio ed etere, in certi casi danno luogo a stimolazione, il che si riscontrò in organi fiorali (si veda per es. H. O. Juel - *Einige Beobachtungen an reizbaren Staubfäden, Uppsala, 1906, p. 2 - In Bot. stud. tillägn. F. R. Kjellmann*), e nelle foglie di Dionaea (Darwin - *l. c., p. 204*), I filamenti di Berberis e di Helianthemum vengono irritati con privarli di ossigeno, evacuando a mezzo della macchina pneumatica (per quelli di Berberis basta ridurre la pressione a 40-20 mm di mercurio), o facendo assorbire l'ossigeno con la soluzioue alcalina di acido pirogallico, o sostituendo l'aria con l'idrogeno (Correns - *l. c., p. 100, 110*).

Si è visto diffusamente (p. 53) dell'irritazione provocata nella Mimosa (e in altre specie sismonastiche) da azioni traumatiche operate sulla pianta, interessanti i fasci fibro-vasali, le quali senza dubbio danno luogo a fenomeni fisici agenti come stimoli nei pulvini.

Occupiamoci ora degli aptoorgani. I viticchi si irritano anche per effetto del calore (C. Correns - *Zur Physiologie der Ranken - Bot. Ztg., 1906, p. 2*), e bisogna che la variazione di temperatura sia abbastanza

brusca: se il cirro è scaldato a poco a poco non si curva. Anche abbassamenti di temperatura possono infletterli in un certo numero di casi (nello stesso senso che l'incremento: *Correns - l. c., p. 12*). Stimolazioni a mezzo del calore furono anche sperimentate nella Drosera (Darwin - *l. c., p. 47*). Si osservò pure in viticchi rispondenza a correnti elettriche d'induzione percorrenti la regione più sensibile (nel Sicyos angulatus: Pfeffer - *Zur Kenntniss der Kontaktreize - Unters. a. d. bot. Inst. z. Tübingen, I, - 1885, p. 504*), e lo stesso dicasi per la Drosera (Gardiner - *l. c., p. 363*).

Come è noto, i tentacoli della Drosera vengono indotti al movimento anche da stimoli chimici (sostanze albuminoidi, sali ammonici, fosfati, ecc.), ai quali compete molta importanza in natura; e possono ritardare considerevolmente la ritensione. Così pure riescono assai attivi sulle foglie di Pinguicula. Anche sui viticchi sono in grado di agire stimoli chimici, che però non operano nelle loro naturali condizioni di vita (Correns - *l. c., p. 14*). Se per esempio si immerge un cirro di Sicyos angulatus (non staccato dalla pianta) in acqua contenente un po' di tintura di iodio (evitando qualunque contatto con corpi solidi capaci di stimolare), ne risulta la curvatura d'irritazione; e non vengono danneggiati, giacchè se tolti via dopo 10 minuti e lavati con cura, si ritendono, e sono suscettibili di reagire ancora allo stesso stimolo o ad azioni meccaniche (la quantità di iodio penetrata nei tessuti dev'essere assai lieve). Furono usate con risultato positivo anche altre sostanze, come vapori ammoniacali, acido acetico diluito, ecc. E possono ancora spiegare una azione irritante narcotici, come è stato sperimentato sui tentacoli di Drosera (etere, cloroformio: E. Heckel - *Du mouvement dans les poils et les lacinations foliaires du Drosera rotundifolia etc. - Compt. rend. d. l' Acad. d. Scienc., 1876, LXXXII, p. 525*; Darwin - *l. c., p. 148*) e sui cirri (cloroformio: Correns - *l. c., p. 16*).

Abbiamo pure già esaminato (p. 67) la stimolazione provocata nei viticchi da azioni traumatiche, in certi casi operate anche in parti non sensibili, che certamente agiscono come le stesse azioni nella Mimosa; così pure i tentacoli della Drosera possono essere indotti al movimento recidendoli a brevissima distanza dalle capocchie (p. 70).

Non v' ha dubbio che i moti identici che gli stimoli passati poc' anzi in rassegna e gli specifici determinano in un dato organo sismonastico, si compiono coi medesimi processi motori; riguardo agli organi apto-*sensibili* si può ricordare a questo proposito che nei cirri furono istituite con ugual risultato misurazioni micrometriche (p. 75), oltrechè per le curve dovute allo stimolo meccanico, anche per le inflessioni provocate da aumento e diminuzione del calore e da ferite (H. Fitting - *Weitere Untersuchungen zur Physiologie der Ranken, etc. - Jahrb. f. wiss. Bot., 1904, XXXIX, p. 446, 459, 464*). Però nei viticchi v' ha una differenza nel modo di comportarsi di questi ultimi stimoli e degli altri che abbiamo visto nella presente nota, di fronte agli aptotropi, inquantochè provocano curvature diffusi tutto intorno all' organo o ad ogni modo privi di carattere unilaterale, mentre le stimolazioni aptotrope di due lati opposti neutralizzano i loro effetti, anche quando si ha rispondenza più accentuata, o solo a quella di un determinato lato, l' inferiore (Fitting - *Untersuchungen über den Haptotropismus der Ranken - Jahrb. f. wiss. Botanik, 1903, XXXVIII, p. 557;* in questo secondo caso bisogna ammettere che lo stimolo agente al lato superiore non provochi che fenomeni d' eccitazione, i quali non trapasserebbero, o imperfettamente nei motori, e si avrebbe [come del resto anche per gli isotropi: Studio d' insieme], sfregando le due facce opposte, elisione di due contrari eccitamenti; sia menzionato che nelle Cucurbitacee gli effetti dell' irritazione al lato inferiore spesso vengono solo considerevolmente diminuiti con sfregar l' opposto). Le svariate azioni anzidette non sarebbero in grado di operare sull' organo che in un solo senso (come avviene nelle nictinastie colle quali offrono stretta somiglianza), cioè in quello della maggior capacità di reazione aptotropa (anche a così detti cirri isotropi deve competere una certa anisotropia, sia pure debole; Correns ha rimarcato che col calore s' incurvano poco: *l. c., p. 11*). E l' eccitazione dovuta a stimolazione aptotropa del lato superiore si è riconosciuto che può anche spiegare effetti neutralizzanti sull' eccitamento provocato da azioni come sopra (Fitting - *l. c., p. 562; Weitere Untersuch. cit., p. 435, 454,* il che accenna chiaramente non essere (a una data fase) differenti.

In quanto alle nictinastie è forse possibile far entrare nel tipo loro

un certo numero di reazioni più o meno deboli principalmente a certi composti chimici (narcotici). Il Kosanin (*l. c., p. 57*) ha mostrato che in foglie (Mimosa pudica, Securigera Coronilla, Phaseolus multiflorus, Oxalis Acetosella, Tropaeolum majus, Anoda Wrightii, ecc.) i vapori d'etere (alle concentrazioni a cui si riferiscono i risultati anestetizzanti indicati a p. 102) sono in grado di provocare un qualche movimento nello stesso senso in cui agiscono calore e luce intensi (p. 105). Nelle specie che compiono questi moti con variazione del turgore cresce la rigidezza dei pulvini, il che potrebbe differenziarli dai nictinastici di cui sopra (p. 92), ma forse non è da attribuire un gran peso a questa circostanza, ed è possibile entrino in giuoco azioni secondarie (p. 91, 92). Nell'Oxalis Acetosella lo stesso autore ha riscontrato che, mentre i vapori di etere ad una certa dose inducono movimenti anzidetti, se più diluiti agiscono come il calore (e la luce) meno forti, cioè tendono a sollevar le foglioline reclinate. Anche i vapori di cloroformio (Pfeffer - *Physiologische Untersuchungen, 1873, p. 64)* provocano nella Mimosa un certo moto come il calore intenso, cioè sollevamento del picciolo primario (pure con aumento di rigidità del pulvino) e delle foliole (l'etere alla luce non dà luogo a questo fenomeno nelle foglioline; di giorno, se non distese per effetto di oscuramento, lo ritornano coi vapori di etere, mentre di notte non sono in grado di farle aprire; accennerebbero di agire sulle foliole nelle concentrazioni usate, a somiglianza della luce e del calore moderati). Sia menzionato che l'iniezione di cocaina spiega pure un certo effetto motore sulla Mimosa (si veda il rendiconto di uno studio di Krutickij nel *Bot. Centralbl., 1889, XXXIX, p. 379).* Le stesse posizioni che abbiamo visto sopra nel picciolo e nelle foglioline di questa pianta, vengono assunte evacuando colla macchina pneumatica sotto la campana che ricopre la Mimosa (riducendo sufficientemente bassa la pressione; anche qui agirebbe la sottrazione di ossigeno: Correns - *l. c., p. 97;* in queste condizioni si rende insensibile sismonasticamente, e senza dubbio anche nictinasticamente).

[39]) Pei filamenti staminali irritabili si veda A. Hansgirg - *Physiologische und phycophytologische Untersuchungen, Prag, 1893, p. 141.*

[40]) Il chimotropismo fu riscontrato nelle radici, nei miceli di funghi e nei budelli pollinici. Siccome non sempre v'ha accordo fra i risultati degli autori, e non possediamo in ogni caso dati definitivi, anzichè fare un lavoro veramente sintetico, passeremo piuttosto in rassegna i varî studi sull'argomento.

Cominciamo dalle radici. Il Lilienfeld *(Ueber den Chemotropismus der Wurzel - Beih. z. bot. Centralbl., 1906, XIX, p. 131)* sperimentava tenendole in gelatina o sabbia umida, nelle quali viene a diffondersi la sostanza attiva. Vaschette di vetro circolari sono riempite con soluzione al 3 % di gelatina in acqua distillata, e una volta solidificata si scava nel mezzo un grosso foro e vi si versa una soluzione acquosa del composto di cui si vuol sperimentar l' azione; le radichette vengono affondate a distanze varie dal vano centrale (naturalmente le esperienze si fanno sempre allo scuro). Se chimotropiche positive rispetto alla sostanza adoperata, si inflettono verso di esso. Si può anche collocar una vaschetta dentro altra più grande, nello spazio intermedio porre la gelatina mescolata al chimotropico, riempiendo il vano che risulta tolta la vaschetta, di sabbia impastata con acqua distillata, e affondarvi le radici. È anche il caso di porre la sabbia al posto della gelatina e viceversa, e tenere le radici in quest' ultima come col primo metodo, ecc. Sperimentò sopra un buon numero di specie, estendendo specialmente le ricerche sul Lupinus albus, al quale ci riferiamo. Risultarono in generale buoni chimotropici positivi i sali ammonici, quelli di potassio, meno i sali di sodio, negativi quelli di calcio (non provò il bicarbonato; i carbonati alcalini sono positivi), di magnesio, ecc. Se teniamo conto del radicale acido si può dire che adescano molto bene i fosfati (erano già state descritte da Newcombe e Anna Rhodes [*Chemotropism of roots - Bot. Gazette, 1904, XXXVII, p. 27*], i quali pei primi parlarono di chimotropismo delle radici, curve positive nelle radicule di Lupinus albus verso fosfato disodico, poste fra due blocchi di gelatina, l'uno dei quali contiene il detto sale e l'altro solo acqua distillata, dispositivo che non è molto idoneo), mentre sono chimotropici negativi i solfati, eccetto quello di ammonio e anche quello di potassio molto diluito come pure se diluitissimo il solfato ferroso; sono pure negativi i ni-

trati, ad eccezione almeno del nitrato di potassio diluito; i cloruri tutti danno chimotropismo negativo. (Newcombe e Rhodes col metodo indicato avevano pure ottenuto curve negative nelle radici di Lupinus albus verso nitrato di ammonio, di potassio, di calcio, e solfato di magnesio: *l. c., p. 31).* Sali di rame, piombo, mercurio, ecc. agiscono ripulsivi, anche se diluitissimi. Alcuni composti, come glucosio, saccarosio, non spiegano azione tropistica. In generale nelle esperienze di Lilienfeld le sostanze agiscono in una sola maniera, positivamente o negativamente; per alcune potè sperimentare che adescano molto diluite, ed esercitano azione ripulsiva se più concentrate. Per esempio il solfato ferroso a 0,01 % provoca debole chimotropismo positivo, se all' 1 % negativo. Nell'insieme i tropismi positivi sarebbero utili alle radici, guidandole verso sostanze nutritive, e i negativi allontanandoli da altre che per la loro natura, almeno a quella data concentrazione, possono riuscire dannose. L'autore constatò chimotropismo positivo, oltrechè nella radichetta di Lupinus albus, anche in quelle di Vicia Faba, Pisum sativum, Cicer arietinum, Phaseolus vulgaris, Cucurbita Pepo, Helianthus annuus, le quali pur offrendo delle divergenze, in complesso non si allontanerebbero molto nel modo di comportarsi dal Lupinus. Non potè riscontrare chimotropismo per esempio in Ervum Lens.

A breve distanza dal lavoro di Lilienfeld fu pubblicato uno studio di Sammet sul chimotropismo, principalmente delle radici *(Untersuchungen über Chemotropismus und verwandte Erscheinungen bei Wurzeln, Sprossen und Pilzfäden - Jahrb. f. wiss. Bot., 1905, XLI, p. 611;* la nota preventiva del lavoro di Lilienfeld comparve nei *Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch., 1095, p. 91,* e nessuno dei due autori ebbe notizia dei risultati ottenuti dall' altro), il quale procedette con altro metodo, tenendo le radici nell'acqua, ed ebbe risultamenti diversi. Fra le tre specie studiate di più una è il Lupinus albus (di cui anzi si occupò a preferenza), sul quale abbiam visto sperimentare il Lilienfeld (le altre sono Vicia sativa e Sinapis alba). Sopra un recipiente cilindrico di vetro della capacità di circa 20 litri e pieno d'acqua fissava un disco di zinco con apertura circolare nel mezzo per dar passaggio ad un vasetto di terra porosa contenente la soluzione da provare; lentamente il composto si diffonde

tutto intorno nell'acqua dove pescano le radichette, attraversanti forellini del disco di zinco. Adoperò cloruro di sodio, nitrato di potassio, zucchero di canna, acido acetico (questi composti furono usati anche da Lilienfeld; nelle esperienze del detto autore l'acido acetico è sempre ripulsivo), alcool, etere, glicerina, canfora, ecc. E a differenza di quanto ha luogo nelle ricerche di Lilienfeld venivano usati a discreta e anche forte concentrazione, ad esempio l'alcool dal 10 al 95 %, il cloruro di sodio al 5-25 %, ecc. (Per avere un'idea delle quantità che si diffondono nell'acqua intorno al vaso poroso ricorderò che, secondo Sammet, se questo contiene cloruro di sodio al 2 % risultano dopo 2 ore in contatto con esso, a 3, 6 cm di distanza, rispettivamente le concentrazioni 0,012 %, 0,009 %, 0,005 %, e dopo 5 ore 0,021 %, 0,018 %, 0,012 %. Secondo Lilienfeld il cloruro di sodio potrebbe agir negativo sulle radici della stessa specie già a una diluizione non superiore a 0,0001 %). Tutte quante le sostanze provocarono nelle radichette curve positive, e servendosi delle soluzioni più concentrate ha luogo col tempo in molti casi reazione negativa, che però non si osserva nelle radici più lontane. Se non fossero descritte queste ultime inflessioni sarebbe il caso di considerare senz'altro le positive come causate da rallentamento più forte della crescenza determinato in via diretta dal composto che si diffonde, nel lato delle radici volto verso il vaso poroso. Che le negative debbano attribuirsi ad azione traumotropica [all'apice] è da escludere perchè l'autore dice che le radici decapitate si comportano ugualmente, come ha luogo anche nelle esperienze del Lilienfeld e nelle altre che esamineremo in seguito. E a spiegar la discordanza fra i due autori non pare possa attribuirsi troppa importanza alle condizioni differenti nelle quali trovansi le radici, giacchè in altre ricerche del Sammet che accenneremo (p.129), condotte in condizioni non molto dissimili da quelle di Lilienfeld, si ebbero pure gli stessi risultati (non è escluso vi abbia parte l'aver operato su forme, razze differenti della specie usata in comune).

Per il primo Molisch (*Ueber die Ablenkung der Wurzeln von ihrer normalen Wachsthumsrichtung durch Gase - Sitz. d. Akad. d. Wissensch. in Wien, 1884, CX, Abt. 1, p. 111*) si occupò della rispondenza chimo-

tropica delle radici di fronte a gas (aerotropismo). Il gas usato era contenuto in un cilindro chiuso da una lamina di caucciù duro, con 1-2 aperture in forma di fessure (larghe 1,5-2 mm) e le piantine venivano fissate ad un sughero saldato al detto cilindro, in modo che le piccole radici stieno a brevissima distanza di fronte alle fessure: disposto il cilindro orizzontalmente le radicule pendono verticali. Un' ampia campana di vetro, rivestita all' interno con carta da filtro bagnata, lo ricopre, e sul recipiente dove poggia si versa un sottilte strato d' acqua, allo scopo di rendere l' aria ben umida. Le esperienze furono eseguite principalmente sul Pisum sativum e sulla Zea Mays. Con riempiere il cilindro di ossigeno ottenne per lo più prima curve dirette verso il cilindro, indi negative, e così pure con togliervi questo gas a mezzo della soluzione alcalina di acido pirogallico. La radice in definitiva sfuggirebbe un eccesso di ossigeno, e verrebbe richiamata da una quantità favorevole al proprio sviluppo (un comportamento simile è noto in microorganismi dotati di locomozione). Risultati dello stesso genere, ma in generale più accentuati, ebbe servendosi di anidride carbonica, o aggiungendo all' aria del cilindro gas illuminante, ammoniaca ($^1/_4$ di goccia in 25 cm^3 di acqua), acido cloridrico, cloro (1 goccia di acqua di cloro satura in 40 cm^3 di acqua), ecc. Può anche occorrere che l' inflessione positiva non venga completamente ritesa, e in questo caso la radice assume la forma di un S. Delle due curve la più spiccata è quella che tende ad allontanarle dal cilindro, e il gas che determina inflessioni negative più energiche è il cloro. Le positive, secondo Molisch, si dovrebbero attribuire a una azione deteriorante che il gas diffondentesi dalle fessure eserciterebbe in special modo sul lato della radice a queste ri volto rallentandone l' accrescimento, come si accennò a proposito dei risultati di Sammet (una azione ritardatrice sulla crescenza si può pure attribuire a un eccesso o a un difetto di ossigeno); e non sarebbero quindi veramente tropistiche. In seguito (in condizioni che non preciseremo) avrebbe luogo il tropismo, dal quale le radici sono indotte a fuggire condizioni sfavorevoli. Però siamo ben lungi dal poter accettare senz' altro la detta spiegazione per le curve positive: non appare utile alla pianta che inflessioni positive di questa natura precedano le negative.

Dalle ricerche più recenti di Miss Bennett (*Are roots aerotropic? Bot. Gazette, 1904, XXXVII, p. 241*) non si potrebbe concludere in generale all'esistenza di un aerotropismo in riguardo ai gas su cui sperimentò, ossigeno, anidride carbonica, idrogeno. Furono condotte sulle stesse specie studiate dal Molisch e anche su altre, ripetendo esperienze dello stesso genere e operando in altre condizioni, nell'acqua, nella terra, in gelatina. Solo in ricerche su radichette nell'acqua satura di CO_2, la grande maggioranza si incurvò verso una camera d'aria a brevissima distanza (sopra 63 radici di Raphanus sativus 39 risposero come si è indicato, 13 in senso contrario, e 11 rimasero diritte. L'autrice attribuisce, fondandosi su risultati da lei ottenuti, le curve positive del Molisch a idrotropismo; però questo dice positivamente che nelle precise condizioni in cui sperimentò non avvengono se il cilindro contiene solo aria umida: *l. c., p. 120*).

Il Sammet, già citato, si occupò anche dell'azione di gas e in generale di sostanze volatili sopra le radici (*l. c., p. 624*), ripetendo le esperienze del Molisch, e servendosi anche di altri metodi. Il dispositivo del Molisch veniva modificato, inquantochè l'estremo del cilindro di fronte a cui stanno le radici, chiuso da un disco di sughero, vien provvisto di finestrina abbastanza grande su cui è tesa della seta, attraverso la quale si diffonde il gas o il vapore; e affinchè non si accumuli sotto la campana, questa non poggia direttamente sul fondo di larga bacinella con acqua, ma con l'intermedio di una croce di legno, e lo spazio fra l'orlo della campana e il livello del liquido è chiuso da carta da filtro bagnata, che riveste pure la superficie interna della detta campana (nelle esperienze con ossigeno e anidride carbonica sotto questa v'è un vaso che contiene rispettivamente soluzione alcalina di acido pirogallico e soluzione di potassa caustica per assorbirli). Il riempimento del cilindro si ripeteva ogni 5-6 ore a mezzo di tubo che traversa il sughero di chiusura di cui sopra; se la sostanza volatile è solubile vi si introduceu na certa quantità della soluzione. Il Sammet faceva anche agire direttamente sulle radici una debole corrente di gas o di vapore, per esempio servendosi di piccola cassetta rettangolare di zinco divisa trasversalmente da tessuto di seta in due scomparti, nell'uno dei quali arriva il gas me-

diante un tubo; attraversando il sepimento passa nell'altra concamerazione e da questa sfugge mediante numerosissimi forellini praticati nella parete opposta di mica; di fronte all'infuori stanno le radichette. L'autore mostrò che in queste ultime ricerche non è in giuoco una sensibilità reotropica alla lieve corrente di gas, giacchè facendo passare aria umida non si ha alcun risultato. Sperimentò principalmente con ossigeno, anidride carbonica (per diffusione e a corrente), vapori di alcool etilico, metilico, etere, ammoniaca, acido acetico, ecc. (per diffusione), in special modo sul Lupinus albus, ma anche su Pisum sativum, Zea Mays studiati da Molisch, ecc. (con CO_2). Servendosi di ossigeno ebbe curve positive; coll'anidride carbonica per le radici più vicine alla membrana in prima una debole inflessione positiva, la quale trapassa indi in una negativa come nelle ricerche del Molisch, e può anche aver luogo senz'altro quest'ultima. Le radici più lontane non offrono che movimenti positivi. Con le altre sostanze enumerate gli risultarono solo curve positive. Data la quantità dei detti composti che vengono ad agire sulle radici, si presenterebbe l'obbiezione che queste inflessioni positive non costituiscano tropismi, come si ebbe occasione di accennare per altre esperienze, e si noti che in un certo numero di casi è indicato uno stato malaticcio delle radici e la morte successiva. Ecco il comportamento coll'alcool etilico (Lupinus albus):

Alcool etilico nel cilindro	dopo 12 ore	dopo 24 ore	dopo 48 ore
al 95 %	perirono dopo 5-6 ore	—	—
al 50 %	buone curve positive	buone curve positive	malaticcie (perirono dopo 72 ore)
al 25 %	curve positive più deboli	buone curve positive	accentuatissime curve positive

Però altre ricerche eseguite dal medesimo autore in terra e segatura di legno umida (servendosi degli stessi apparecchi), nelle quali ottenne curve come sopra, ed ancora con altre sostanze oltre l'anidride carbo-

nica (alcool, etere) inflessioni negative quando le radici stanno molto vicine ai punti dai quali si diffondono i vapori, non sarebbero favorevoli a questa interpretazione.

Ad ogni modo non è assolutamente esclusa la possibilità che in certi casi, per date concentrazioni della sostanza attiva, possa manifestarsi l'azione assimetrica ritardatrice sulla crescenza, mentre a concentrazioni ancora più elevate (dopo una più lunga induzione) predomini l'effetto tropistico negativo.

Il Sammet, avendo anche sperimentato in organi epigei (*l. c., p. 641*), ebbe solo rispondenza, e negativa, con vapori di alcool e di etere (apparecchio di Molisch), in piantine di Brassica Napus, Avena, Triticum, specialmente pronunciate per la prima specie, mentre non gli riuscì con ossigeno, anidride carbonica, idrogeno. Invece recentissimamente W. Polowzow (*Experimentelle Untersuchungen über die Reizerscheinungen der Pflanzen mit besonderer Berücksichtigung der Einwirkung von Gasen* [*Vorl. Mitteil.*] - *Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch., 1908, XXXVIa, p. 50*) constatò reazione (con dispositivo differente) in numerose specie (escluse le Graminacee) di fronte ad ossigeno e anidride carbonica (non con idrogeno e azoto). Estese le ricerche specialmente sugli ipocotili di Helianthus annuus, e l'autrice indica per deboli quantità di anidride carbonica in prima una curva positiva a cui segue la negativa, per dosi maggiori solo la negativa.

Occupiamoci ora del chimotropismo nel micelio di funghi. Fra i primi dati ricorderò solo che Reinhardt (1892), aggiungendo lateralmente a culture in gelatina di Peziza altra gelatina con una quantità alquanto maggiore di sostanze nutritive (anche solamente dello zucchero), osservò deviazione assai accentuata delle ife verso quest' ultima. Ricerche dettagliate e su vasta scala vennero istituite da Miyoshi (*Ueber Chemotropismus der Pilze - Bot. Ztg., 1894, p. 1;* a *p. 8* è tolta l'indicazione del Reinhardt), il quale descrisse chimotropismo nelle specie studiate (principalmente Mucor Mucedo, M. stolonifer, Phycomyces nitens, Penicillium glaucum, Aspergillus niger, Saprolegnia ferax). Le spore venivano seminate sulla pagina inferiore di foglie di Tradescantia (per lo più T. discolor), iniettate con la soluzione da provare, le quali, la-

vate rapidamente con acqua e asciugate con carta bibula, si mantenevano in uno spazio saturo di vapore; il composto si diffonde dagli stomi. O meglio ancora la semina era fatta per esempio su lamelle sottilissime di mica finamente traforate, applicate dall' altra parte ad uno strato di gelatina contenente la detta sostanza, o sovrapposte alla sua soluzione acquosa. Se il composto è chimotropicamente efficace, le ife che trovansi in vicinanza degli stomi, dei forellini, dovrebbero deviare verso questi e penetrarvi. Gli risultarono attive in senso positivo fra le sostanze minerali, fosfati, sali ammoniacali, e fra le organiche saccarosio, glucosio, destrina, estratto di carne, peptone; meno bene agisce l'asparagina. Sarebbero all'incirca le stesse che richiamo i bacteri, e il tropismo avrebbe lo scopo di condurre il micelio in un appropriato substrato nutritivo. Certi composti mescolati a chimotropici impediscono l' attrazione, essi spiegano azione ripulsiva; ciò avviene per gli acidi, alcali, alcool e parecchi sali, come nitrato di potassio, cloruro di potassio, di sodio (in questi ultimi casi potrebbe trattarsi di osmotropismo, cioè essere in giuoco sottrazione d' acqua da parte delle soluzioni).

L' esistenza di un chimotropismo in ife fungine viene anche confermato da ricerche di Massee (*On the origin of parasitism in fungi - Phil. Transact. of the Roy. Soc. of London, ser. B, 1904, CXCVII, p. 9*) con iniezioni di saccarosio e glucosio in foglie, su cui venivano seminate numerose specie, la gran maggioranza delle quali si dimostrarono chimotropiche positive (Botrytis cinerea, Penicillium glaucum, Mucor racemosus, Torula herbarum, ecc.). L'acido malico mescolato a zucchero attrarrebbe la Sclerotinia fructigena, che, come è noto, è parassita delle mele, pere, ecc.; le decozioni di foglie di pomodoro e di cetriolo rispettivamente il Macrosporium tomato e la Cercospora melonis, parassite, delle dette specie; ecc. La penetrazione di parassiti nelle piante ospiti sarebbe dovuta a chimotropismo.

E sia qui ricordato che Miyoshi (*Die Durchbohrung von Membranen durch Pilzfäden - Jahrb f. wiss. Bot., 1895, XXVIII, p. 269*), seminando delle spore (di Botrytis cinerea e Penicillium glaucum) su varie pellicole, di cellulosa, collodio, sughero, ecc., impervie, applicate sopra substrati nutritivi, osservò che venivano perforate dalle ife, il che non a-

vrebbe luogo se dall' altra parte manca una sostanza chimotropica. Anche queste esperienze concorrerebbero a spiegare l' entrata di parassiti nella pianta ospite. (In quanto ai mezzi coi quali la perforazione si compie, senza dubbio le ife secernono enzimi che sciolgono localmente la membrana, e bisogna tener conto anche dell' azione meccanica degli apici, capaci di attraversare sottilissime foglie d' oro: *l. c., p. 282*).

Le ricerche di Fulton (*Chemotropism of fungi - Bot. Gazette, 1906, XLI, p. 81*) tenderebbero a ridurre l'entità del chimotropismo nei funghi. L'autore, seguì il metodo di Miyoshi, facendo però la semina delle spore, anzichè direttamente sulla lamella perforata (in moltissimi casi di mica), pure sopra uno strato di gelatina (questo avveniva solo in alcune delle esperienze del Miyoshi, con lo stesso risultato che nelle altre), così che la lamina separa i due strati di gelatina (o di agar), l' uno con acqua distillata, l' altro contenente inoltre la sostanza da provare a varie concentrazioni; il tutto mantenuto bene all'umido. Ma osservò che se anche lo strato sporifero non tiene che acqua distillata, i fili micelici in discreta quantità penetrano nelle aperture, e la differenza fra il numero delle ife ad esse dirigentisi e volte in senso contrario è in media 25 % del numero complessivo delle ife intorno ai singoli forellini (entro l' area anulare di raggio pari al diametro delle aperture stesse). E non molto dissimili riescono le proporzioni se la detta gelatina contiene svariate sostanze, come sarebbero i chimotropici del Miyoshi; però in taluni fra i numerosissimi casi sperimentati ebbe delle percentuali notevolmente più elevate, che salgono al 40 e talvolta anche più %, accennanti a una reazione chimotropica verso fosfati (di calcio o acido fosforico) in Monilia fructigena, M. sitophila, Botrytis vulgaris; verso glucosio nelle stesse specie; verso saccarosio da parte delle Monilie e specialmente della Sphaeropsis malorum; verso acido tartarico in Sterigmatocystis nigra; ecc. Le specie su cui operò sono per la maggior parte differenti da quelle del Miyoshi e del Massee.

Si trova indicato qualche risultato discreto nelle ricerche che il Fulton compì altresì col metodo dei capillari, molto usato nelle chimotassie dei microorganismi: in certi casi il Mucor Mucedo mostra reazione positiva, verso fosfati, estratto di carne, acido malico, ecc. (non saccarosio, nè de-

strosio), e anche la Botrytis vulgaris si offre chimotropica; inoltre la prima specie e la Sterigmatocystis nigra rispondono in senso negativo ad alcune sostanze, il Mucor ad acido acetico e nitrato di sodio.

Possiamo domandarci da che cosa dipende che buon numero di ife deviano verso i forellini anche quando la gelatina dall' altra parte non contiene che acqua distillata, e si noti che (contrariamente ai risultati di Miyoshi) gli riuscì lo stesso effetto anche quando la gelatina dove è fatta la semina offre essa le sostanze nutritive e l'altra soltanto acqua. E sia pur ricordato che J. F. Clark *(On the toxic properties of some copper compounds with special reference to Bordeaux mixture - Bot. Gazette, 1902, XXXIII, p. 45)* osservò notevole penetrazione entro forellini da parte delle ife di Rhizopus nigricans nelle stesse circostanze e anche quando la gelatina dall'altra banda del tramezzo è imbevuta di sali di rame. Il Fulton rileva che la proporzione delle ife penetrate riesce alquanto maggiore se i fili micelici sono più numerosi e diminuisce alquanto se nell'altra gelatina furono pure seminate le spore. Una qualche minor deviazione riconobbe ancora se la gelatina dall' opposta parte contiene decozione nutritiva filtrata, in cui già si sono sviluppati i funghi, rispetto a decozione fresca. E il Fulton, come il Clark, pensa sia in giuoco una sostanza secreta dalle ife, la quale eserciterebbe una azione ripulsiva. Sarebbe escluso vi cooperi, almeno in misura predominante, aerotropismo (negativo verso anidride carbonica, positivo verso ossigeno), che le ife non offrirebbero o assai debole. Quantunque in culture con medio incluso fra lamelle non perforate si noti una decisa tendenza delle ife a volgersi verso i margini, in ricerche nelle quali le spore venivano seminate nella gelatina fra due altri strati del detto medio, l'uno con anidride carbonica e in contatto con ambiente di questo gas e l' altro senza e in contatto con aria, i fili micelici nella maggior parte dei casi non si dirigono (attraverso i forellini delle due lamelle interposte) piuttosto in un senso che nell' altro (È stato indicato aerotropismo positivo verso ossigeno nel Dictyuchus monosporus da Celakovsky: Pfeffer - *Pflanzenphysiol. II, p. 585*). Nelle preparazioni ove si dà minor percentuale di deviazioni verso la gelatina con CO_2, quest' ultima appariva meno umida (Fulton - *l. c., p. 104*); le ife sono

dotate in generale di idrotropismo positivo (*l. c., p. 101*), il quale potrebbe aver parte in natura alla penetrazione dei tubi di germinazione di parassiti negli stomi.

Secondo W. Polowzow (*l. c., p. 55*) i peduncoli sporangiferi di Phycomyces sono sensibili chimotropicamente verso anidride carbonica.

E veniamo al chimotropismo dei budelli pollinici, che fu accertato da Molisch (si veda *Zur Physiologie des Pollens mit besonderer Rücksicht auf die chemotropischen Bewegungen der Pollenschläuche - Sitz. d. Akad. d. Wissensch. in Wien, 1893, CII, Abt. I, p. 423*). Se poniamo sopra un portaoggetti una grossa goccia di gelatina con zucchero (zucchero 7 %, gelatina 1,5-2 %), e vi si sparge alquanto polline di Narcissus Tazetta, nella quale germoglia assai bene, deponendovi nel mezzo lo stimma tagliato di fresco da un fiore, i budelli che si sviluppano in prossimità si dirigono quasi senza eccezione sullo stigma (lo stimolo si fa sentire fino a 1-1,5 mm. di distanza). Anche parti dello stilo attraggono e persino pezzettini dei peduncoli fiorali e del gambo dell'infiorescenza; gli ovuli pure senza dubbio, come ebbe occasione di sperimentare nel Narcissus poëticus. E l'autore riconobbe ancora chimotropismo positivo verso gli stimmi in parecchie altre specie, come Amaryllis, Azalea indica, Rhododendron arboreum, Vincetoxicum officinale, ecc., mentre i tubi pollinici di Viola odorata, V. hirta, Orobus vernus, ecc. si mostrano indifferenti verso questi organi.

Molisch non ricercò quali erano le sostanze attive, e del problema si occuparono Miyoshi e Lidforss. Secondo Miyoshi (*l. c. in Bot. Ztg., p. 24* e *Ueber Reizbewegungen der Pollenschläuche - Flora, 1894, LXXVIII, p. 76*), nelle specie su cui si sperimentò, come Digitalis purpurea, Mimulus moschatus, Torenia asiatica, Epilobium angustifolium, Primula sinensis, ecc., i budelli sono adescati da zucchero di canna, destrosio e destrina e in grado molto minore da lattosio e levulosio. Il fenomeno veniva messo in evidenza cogli stessi metodi usati pei miceli, seminando invece delle spore i granelli di polline; se si osservano per esempio le foglie di Tradescantia iniettate, dopo 12-20 ore, i tubi pollinici germogliati nelle vicinanze delle aperture stomatiche da cui si diffonde la soluzione, appaiono diretti verso queste o già ivi penetrati. Detti idrati

di carbonio costituirebbero secondo l'autore i chimotropici che guidano il budello verso gli ovuli. Ed egli constatò (il fatto era stato riconosciuto anche prima) la presenza di un glucosio nello stimma e stilo di parecchie specie; nell'ovario (parete, placente, ovuli) invece non avviene la riduzione del liquido di Fehling se non dopo che l'organo è stato bollito con un po' di acido cloridrico (forse v'ha saccarosio). Però è anche dato di riscontrare glucosio nell'ovario, nell'ovulo specialmente in vicinanza del micropilo (ulivo: P. Alquati - *Studi anatomici e morfologici sull' ulivo - Atti d. Soc. Ligust. d. Sc. Nat. e Geogr., 1906, p. 215;* nello stimma non ne esiste). Come per le ife fungine, sono indicati nei tubi pollinici anche rispondenze in senso negativo.

Ma idrati di carbonio non costituiscono, almeno esclusivamente, i chimotropici per altre specie. Il Lidforss (*Ueber den Chemotropismus der Pollenschläuche - Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch., 1899, p. 238*), sperimentando sui budelli pollinici di Narcissus Tazetta, riconobbe che spiegano su di essi un'energica attrazione diastasi (la parte veramente albuminoide) ed altri composti proteici, mentre non sono attivi i prodotti di decomposizione di queste sostanze. Se in una coltura di polline poniamo alcuni granelli di diastasi, già dopo mezz'ora si vedono tutti i tubi vicini deviati verso questi. Si noti che la diastasi conserva l'azione chimotropica bollita in soluzione acquosa, mentre, come è noto, perde la sua capacità di fermento già scaldata a 80°. Essenzialmente come il Narcissus Tazetta si comportano anche le altre Amaryllidacee studiate (Narcissus Pseudo-Narcissus, N. poëticus, Haemanthus globosus, Imantophyllum miniatum). Nell'estendere le ricerche il Lidforss ebbe cura che le dette sostanze sieno bene spoglie di composti minerali, i quali possono esercitare sui budelli un'azione dannosa assai più spiccata che non nel caso dei Narcissus. Ottenne ancora a mezzo di sostanze proteiche buoni risultati con Fritillaria, Allium ursinum, ecc.; fra le Dicotiledoni non gli riuscì con alcuna Dialipetala, mentre ebbe chimotropismo con parecchie Gamopetale, per esempio Viburnum nitidum, V. Lantana. Nelle specie indicate sarebbe affidato ai composti proteici l'ufficio di guidare i budelli entro il pistillo, e l'autore riconobbe effettivamente la presenza della diastasi nello stilo e stimma del Narcissus

Tazetta e di altre Monocotiledoni (si spiega l'aver veduto poc'anzi che i tubi pollinici di Narcissus Tazetta, pur germogliati in una gelatina con zucchero, vengono attratti dallo stimma).

All'affondarsi in natura del tubo pollinico germogliato sullo stimma, entro quest'organo, potrebbe concorrere oltre il chimotropico anche idrotropismo positivo (Miyoshi - *l. c. in Flora, p. 84*) e aerotropismo negativo verso l'ossigeno atmosferico (che però non esiste in tutte le specie; si mette in evidenza coprendo con vetrino una goccia di gelatina con zucchero, nella quale è stato disseminato del polline, per esempio di Narcissus Tazetta; germogliano solo i grani situati a non più di 2-4 mm. dal margine e i tubi si dirigono quasi tutti verso l'interno, il che, se il piccolo spazio chiuso nel quale trovasi il preparato è ben saturo di umidità, deve attribuirsi ad aerotropismo negativo: Molisch - *l. c., p. 432*). In seguito il budello, proseguendo nel suo cammino, crescerebbe verso punti di minor resistenza, nel così detto tessuto conduttore lasso o lungo le pareti del canale stilare (non pare, almeno nella Scilla patula, che lo stimolo chimico possa essere molto attivo nello stilo, giacchè il Miyoshi, sperimentando l'azione attrattiva di sezioni trasversali dell'organo, rilevò che diminuisce con allontanarsi dallo stimma, per aumentar di nuovo in prossimità dell'ovario: *l. c., p. 77*). Entro l'ovario, a richiamar il tubo all'ovulo, potrebbe tornar ad agire energicamente lo stimolo chimico. Ulteriori studi preciseranno meglio le nostre conoscenze e contribuiranno anche a spiegare come in natura i budelli pollinici possano trovare con difficoltà accesso agli ovuli di specie differenti (si noti però che il fatto di giungere al micropilo o in generale in prossimità del sacco embrionale, non implica debba avvenire la fecondazione).

Prima di terminare accennerò che secondo ogni verosimiglianza è in giuoco un chimotropismo anche in fenomeni sessuali di organismi inferiori (Saprolegnia, Coniugate pei tubi di copulazione, ecc.: Pfeffer - *Pflanzenphysiol., II, p. 583*).

[41]) Possono provocar, come è noto, traumotropismo, ferite, azione di caustici, tocco coll'estremità arroventata di sottilissima bacchetta di ve-

tro, ecc. Devesi notare che, almeno in certi casi, il trauma sarebbe anche in grado di riuscire più o meno attivo al principio della zona di elongazione, per esempio nella radichetta di Vicia sativa a 2-3 mm. dall'apice (nota [65]).

[42]) Senza dubbio le inflessioni delle radici dirette nel senso della corrente, per una maggior forza di questa, si devono considerare, non come reotropiche, ma dovute all'azione meccanica della corrente. Come è noto, non sono dotate di retropismo tutte le radici; manca in buon numero di specie, e ricordo che fra le acquatiche studiate nessuna si appalesò reotropica (F. Newcombe - *The rheotropism of roots - Bot. Gazette, 1902, XXXIII, p. 362).* Riguardo al modo con cui la corrente agisce come stimolo, verosimilmente è in giuoco solo il fenomeno della pressione. Newcombe (*Thigmotropism of terrestrial roots - Beih. z. bot. Centralbl., 1904, XVII, p. 83*) ottenne in specie reotropiche (Zea Mays, Raphanus sativus, Lupinus albus) delle curve dirette come le reotropiche, facendo agire la debole corrente d'acqua su radichette involte in tubetti di collodio, attraverso i quali si poteva escludere quasi intieramente una filtrazione di liquido.

[43]) Per il galvanotropismo si veda W. Rothert - *Die neuen Untersuchungen über den Galvanotropismus der Pflanzenwurzeln - Ztschr. f. allgm. Physiol., 1907, VII, p. 142* (Nello stesso anno fu pubblicato il lavoro di J. S. Bayliss *On the Galvanotropismus of Roots - Annals of Botany, XXI, p. 387*).

[44]) Si è già accennato che nodi di Graminacee e di alcune specie di Tadescantia possono curvarsi geotropicamente, compiuta la propria crescenza; questa si ridesta collo stimolo (p. 75). Qui ricorderò i casi che trovo indicati di inflessioni geotropiche in organi adulti legnosi.

In Tilia la porzione terminale di assi molto eretti, d'ordinario ancora curvata, si solleva in natura ritendendosi, nel corso dell'estate quando l'organo ha compiuto la propria elongazione e talvolta anche più tardi, nel successivo periodo vegetativo (J. Baranetzky - *Ueber die Ursachen*

welche die Richtung der Aeste der Baum- und Straucharten bedingen - Flora, 1901, LXXXIX, p. 191; si veda pure per questa specie a *p. 193*). Ritensione dell'estremo dell'asse primario inclinato, in regione di 1 o 2 anni, avrebbe luogo normalmente in Fagus sylvatica, Cupressus, Juniperus, Thuja, secondo Hofmeister (*Allgemeine Morphologie der Gewächse, 1868, p. 624*). Il geotropismo si manifesterebbe in natura nei getti di un anno di Betula (Baranetzky - *l. c., p. 202*). Nella varietà piangente del Fagus le parti dei rami pendenti di 3-4 anni si vanno sollevando lentamente, e così l'albero può crescere in altezza (H. Vöchting - *Ueber Organbildung im Pflanzenreich, Bonn, II, 1884, p. 85*), il che avviene altresì nel Salix babylonica (*l. c., p. 86;* in questa specie però all'elevarsi della pianta contribuiscono pure certi rami eretti sin dall'inizio; in altre forme piangenti come nel Fraxinus excelsior var. pendula l'elevazione dell'albero è da ascriversi esclusivamente a quest'ultimo mezzo). Furono ottenute nelle condizioni delle esperienze curve geotropiche in porzioni di 1 anno di Acer (L. Jost - *Ueber einige Eigenthümlichkeiten des Cambiums der Bäume - Bot. Ztg., 1901, p. 21*), di 1-2 anni in Aesculus e Abies excelsa da Frank (*Lehrbuch der Botanik, I, 1892, p. 470*), in Quercus di 4 anni (P. Meischke - *Ueber die Arbeitsleistung der Pflanzen bei der geotropischen Krümmung - Jahrb. f. wiss. Bot., 1899, XXXIII, p. 363*). Sull'Abies excelsa sperimentarono ancora inflessioni geotropiche, Baranetzky in parti di 2-3 anni (*l. c. p. 213*), Jost persino di 7 anni in rami i quali si sollevano in seguito a decapitazione della pianta (*l. c., p. 22*), e Hartig indica che quest'ultimo fenomeno può avvenire in certi casi anche nei rami di 12 e più anni (*Holzuntersuchen, Berlin, 1901, p. 88*). Jost (*l. c.*) riferisce che, decapitato un Fagus, si rialzò il ramo più alto residuo, del diametro di 4,5 cm., ed Errera (*Conflits de préséance et excitations inhibitoires chez les végétaux - Bull. d. l. Soc. Bot. de Belgique, 1904, XLII, p. 34*) fa menzione di un Fagus della foresta di Soignes presso Bruxelles, il cui grosso tronco gradualmente scalzato alla base per effetto di una vicina sorgente, si incurvò per conservare all'incirca la direzione verticale. È abbastanza comune il fatto di Palme (Phoenix dactylifera) i cui stipiti si offrono curvati, dirigendosi verticalmente verso l'alto, e lo stesso in maniera meno accentuata ho riscontrato anche in Cycadee (Cycas revoluta).

Come si vede, la capacità a curve geotropiche in organi legnosi adulti deve essere diffusissima. In quanto ai mezzi d'accrescimento con cui si compiono nulla sappiamo di positivo; si può pensare che nelle specie provviste di cambio, i nuovi tessuti verso il lato inferiore dovuti all'attività di questo, vi abbiano una larga parte, ed è verosimile anche una certa ripresa dell' accrescimento longitudinale in elementi vivi già esistenti (Baranetzky con misurazioni micrometriche rilevò in casi di cui sopra maggior lunghezza delle cellule esterne della corteccia inferiormente: *l. c., p. 193, 214*).

[15]) A. P. De Candolle - *Physiologie végétale, III, 1832, p. 1082.*

[16]) Si veda Ph. Van Tieghem - *Traité de Botanique, 1884, p. es. a p. 245.*

[17]) T. A. Knight - *On the Direction of the Radicle and Germen during the Vegetation of Seeds - Philosoph. Transact. of the Roy. Soc. of London, 1806, I, p. 103.* Il Knight riteneva che, a differenza del caule, la radice si allunghi, non per estensione di parti già formate, ma solo per aggiunta di nuova sostanza all'apice.

[18]) Per la storia del geotropismo si consulti A. Schober - *Die Anschauungen über den Geotropismus der Pflanzen seit Knight, Hamburg, 1899.* L' esperienza di equilibrare il peso della radice, realmente era stata già eseguita nel 1828 da Johnson e quella della penetrazione nel mercurio da Pinot nel 1829, ma furono dimenticate o interpretate erroneamente per lungo tempo.

[19]) A proposito di radici negativamente eliotropiche nelle quali la luce rallenta la crescenza: F. Darwin - *Ueber das Wachsthum negativ heliotropischer Wurzeln im Licht und im Finstern - Arb. d. Bot. Inst. in Würzburg, II, 1880, p. 521.*

[20]) Sulla diversa rispondenza eliotropica di organi, positiva o negativa

a seconda l'intensità della luce, si veda F. Oltmanns - *Ueber positiven und negativen Heliotropismus - Flora 1897, LXXXIII, p. 1,* ove sono anche indicati lavori anteriori; inoltre W. Figdor - *Experimentelle Studien über die heliotropische Empfindlichkeit der Pflanzen - Wiesner-Festschrift, Wien, 1908 p. 287.*

[51]) Per l'azione deprimente della luce sull'intensità della crescenza longitudinale, manifestantesi anche in parte tenuta allo scuro: H. Fitting - *Lichtperzeption und phototropische Empfindlichkeit, zugleich ein Beitrag zur Lehre von Etiolement - Jahrb. f. wiss. Bot., 1907, XLV, p. 83.*

[52]) J. Wortmann - *Ueber den Thermotropismus der Wurzeln - Bot. Ztg., 1885, p. 193.*

[53]) H. Vöchting - *Ueber den Einfluss der strahlenden Wärme auf die Blüthenentfaltung der Magnolia - Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch., 1888, p. 167.*

[54]) Come si è accennato, l'azione stimolante della gravità nel geotropismo potrebbe essere data dal peso complessivo dell'organo o solo dalla pressione di corpuscolini solidi contenuti nei protoplasti. Senza effetto nelle parti ortotrope, delle quali ora ci occupiamo, parallelamente al loro asse longitudinale, raggiunge la maggior efficacia in senso a questo normale (p. 163), ed anzi si conclude essere attiva solo la componente della gravità nella detta direzione (p. 165).

Riguardo alla prima delle due ipotesi, che i plasmi sieno sensibili al peso dell'organo agente in senso trasversale (gradatamente crescente dal lato superiore all'inferiore), devesi notare che presuppone un grado di irritabilità straordinariamente fine, dal momento che nell'interno delle cellule regnano pressioni osmotiche non inferiori ad alcune atmosfere, le quali forzano il plasma contro le pareti, mentre l'anzidetta azione riesce minima in confronto (equivale a pressioni d'acqua da meno di 1 millimetro a parecchi millimetri mentre, come si sa, un'atmosfera fa equilibrio a una colonna d'acqua alta circa 10.000 mm.); ma del resto

si conoscono esempi di sensibilità oltremodo squisite. Abbiamo visto che cirri di Sicyos angulatus, le cui cellule sono dotate di notevole pressione osmotica, reagiscono già ad azioni deformatrici che possono essere esercitate da un pezzetto di filo di cotone che pesa mg 0,00025 (p. 32).

L'altra ipotesi di corpuscolini solidi stabilirebbe fino ad un certo punto un' analogia con quanto avviene in certi organi sensori di moltissimi animali inferiori. Esistono, come è noto, in ctenofori, crostacei, ecc. delle vescichette (statocisti) contenenti insieme a un liquido un corpicciuolo solido (statolite), che provoca per azioni riflesse movimenti diversi nell'animale a seconda che, con inclinare il proprio corpo, viene premuta la superficie interna sensibile della vescichetta da un lato piuttosto che dall'altro; gli otocisti servono all'animale per orientarsi di fronte alla gravità. Notevolissime sono le ricerche del Kreidl sui Palaemon, i quali perdono gli otoliti durante la muta e li rinnovano con minuti granellini di sabbia, ecc. Provando a non lasciar a loro disposizione che ferro in polvere, si ebbero otoliti di questa sostanza, e con avvicinare al crostaceo una elettrocalamita, modifica la propria direzione per effetto dell' attrazione che sulla piccola massa di ferro esercita il magnete, la quale non viene più a premere sul lato inferiore dell'otociste. (A. Kreidl - *Weitere Beiträge zur Physiologie des Ohrlabyrinthes - Sitz. d. Akad. d. Wissensch. in Wien, 1893, CII, III Abt., p. 149*). Haberlandt e Nêmec (seguiti da altri) in una serie di lavori hanno sviluppato, è noto, la concezione che nelle piante gli statoliti sieno dati da grani d'amido assai mobili nel plasma (amido statolitico), contenuti in certe cellule, pei cauli nelle così dette guaine amilifere al confine fra la corteccia primaria e il cilindro centrale, per le radici in cellule interne della cuffia, che con inclinar l'organo scivolano sotto l'azione della gravità, in modo da premere sempre sul plasma della parete cellulare fisicamente inferiore, come si è potuto constatare osservando al microscopio delle sezioni dopo che gli organi erano stati mantenuti per qualche tempo orizzontali. Gli statocisti sarebbero cellule, e verrebbero assunti come sensibili i plasmi addossati alle pareti tangenziali. Però accurate esperienze obbligano a modificare l' ipotesi statolitica, con attribuire l'importanza maggiore al senso nel quale vengono a premere gli statoliti (che potrebbero essere

dati da amido come da altre formazioni solide intraplasmatiche) indipendentemente da spostamenti da una ad altra parete. È noto che la forza centrifuga provoca gli stessi effetti tropistici della gravità, e Jost, servendosi di forze centrifughe debolissime (0,02-0,05 g; rotazione intorno a un asse orizzontale in modo da impedire curve geotropiche), ottenne spiccate inflessioni, quantunque l'asame microscopico abbia mostrato i grani d'amido considerato come statolitico, uniformemente distribuito nelle cellule (L. Jost - *Die Perception des Schwerereizes in der Pflanze - Biol. Centralbl., 1902, p. 176*). Già si è accennato che esposizioni fugacissime, minori di un secondo, allo stimolo geotropico, pure irritano, e se una sola non può condurre a curvatura, l'inflessione risulta dal loro sommarsi. Fitting, a cui sono dovuti questi studi (p. 35), accertò con osservazioni microscopiche, che ai granuli d'amido era mancato il tempo di spostarsi in seno al plasma come è indicato sopra (*Untersuchungen über den geotropischen Reizvorgang, II - Jahrb. f. wiss. Bot., 1905, XLI, p. 387*). E non pare che l'ipotesi offra un vantaggio sulla concezione non statolitica, dal punto di vista del presupposto d'estrema sensibilità, riflettendo che i corpuscolini devono essere premuti tutto intorno fortemente dal plasma sotto pressione.

Ma se si confermano le esperienze del Piccard (*Neue versuche über die geotropische Sensibilität der Wurzelspitze - Jahrb. f. wiss. Bot., 1904, XL, p. 98*), le quali mostrerebbero che ripulsioni e attrazioni elettriche (le ricerche con azioni attrattive veramente son soggette a gravi cause di errore e il risultato non riuscì ben deciso) determinano nelle radici le stesse curvature che vi induce la forza centrifuga e quindi la gravità (come sembra, senza potersi attribuire la stimolazione a fenomeno non meccanico), ne viene distrutta ogni ipotesi statolitica. Infatti le azioni elettrostatiche si esercitano solo sui punti superficiali, e le radici esposte a queste non possono quindi risentire che forze agenti alla loro superficie, i cui effetti si faranno risentire, indebolendosi, anche nel tessuto interno, senza però essere in grado di spostare corpuscolini solidi contenuti nel plasma, rispetto a quest'ultimo, o semplicemente farli premere in direzione differente dalla primitiva, non essendo le forze ad essi applicate.

[55]) Ci occuperemo del problema dell' orientamento degli organi plagiogeotropici, limitandoci in generale a quelli di struttura radiale.

Cominciamo dai rami delle piante legnose, i quali furono meglio studiati sotto questo punto di vista. Come è noto, d' ordinario sono diretti più o meno obliquamente verso l' alto o anche orizzontali e possono in certi casi reclinarsi. Premesso che sembra l' eliotropismo abbia poca influenza sull'orientazione loro (si consulti A. B. Frank - *Die natürliche wagerechte Richtung von Pflanzentheilen - Leipzig, 1870;* J. Wiesner - *Studien über den Einfluss der Schwerkraft auf die Richtung der Pflanzenorgane - Sitz. d. Akad. d. Wissensch. in Wien, 1902, CXI, I Abt., p. 780*), si deduce principalmente dagli studi di Baranetzky (*Ueber die Ursachen welche die Richtung der Aeste der Baum- und Straucharten bedingen - Flora, 1901, LXXXIX, p. 138*) e di Wiesner (*l. c.;* per le nostre conoscenze devesi pure tener conto dell' importante lavoro di de Vries *Ueber einige Ursachen der Richtung bilateralsymmetrischer Pflanzentheile - Arb. d. bot. Inst. in Würzburg, I, 1872, p. 223,* nel quale però si tratta limitatamente dei rami delle piante legnose; si veda anche la trattazione dell' argomento in Pfeffer - *Pflanzenphysiol., II, p. 684*) che non è dovuta unicamente a una stimolazione tropistica, ma trovansi in giuoco geotropismo negativo, che hanno in comune coll' asse principale, e una tendenza a crescere di più il lato superiore, che, come usano in generale gli autori, chiameremo epinastia (sarebbe il caso di introdurre un altro vocabolo in luogo di nastia, nel senso usato precedentemente). Se vengono condotti a ruotare al clinostato (asse orizzontale) getti in via di crescenza (Deutzia scabra, Philadelphus coronarius, Weigelia rosea, Goldfussia anisophylla, Rosa, Prunus Padus, Tilia, Ulmus, Abies excelsa, A. pectinata, Taxus, ecc.: Wiesner - *l. c., p. 781;* Baranetzky - *l. c., p. 164, 169, 183, 188, 206, 208*), si curvano in modo notevole dalla parte del lato prima inferiore, indicando l'esistenza dell'epinastia, alla quale non è più opposto il geotropismo, che rapidamente si esaurisce. E se (Wiesner - *l. c.;* Baranetzky - *l. c., p. 155, ecc.;* H. de Vries - *l. c., p. 268*) si tengono orizzontali, ma rovesciati, col lato prima superiore volto alla terra, si inflettono energicamente verso l' alto (oltrepassando in molti casi la verticale), giacchè l' epinastia cospira con la

nuova induzione geotropica che si stabilisce, invertita rispetto alla primitiva. (Riguardo ai casi in cui de Vries credette riscontrare iponastia si consulti Baranetzky - *l. c., p. 199* e Wiesner - *l. c., p. 778*).

I rami, assai di frequente non offrono la stessa inclinazione in tutto il loro decorso, ad ogni stadio di sviluppo, mostrando che geotropismo ed epinastia non conservano la stessa efficacia relativa (e più precisamente, come è logico pensare, restando il geotropismo invariato si modifica l'epinastia). È comune il caso della porzione terminale in via di crescenza, per qualche tempo notevolmente curvata verso l'alto di fronte al resto, e nei Pini i nuovi germogli, in prima verticali, offrendosi il noto aspetto a candelabro, in seguito si vanno reclinando. Lo scemare del rialzamento geotropico è ben dovuto all'epinastia e non all'azione meccanica immediata del peso, come si dimostra equilibrandolo, con attaccar all'estremità del getto un filo che si fa passare sopra una puleggia e reca all'altro capo un pesetto (Baranetzky - *l. c., p. 155, 172;* si veda anche a *p. 209*). Possiamo pure osservare fenomeni inversi; ad esempio in Tilia, Ulmus i nuovi germogli sono al principio curvati verso terra ad uncino e solo svolgendosi si rialzano (il reclinamento dell'apice perdura più a lungo), e non si tratta evidentemente di inflessioni passive, ma epinastiche; ricordo che se l'asse primario si lega all'ingiù, in modo che i suoi germogli guardino in alto con la faccia prima volta alla terra, le dette curve, dirette ora verso lo zenith, si accentuano considerevolmente (*l. c., p. 188*). Anche alla minor elevazione offerta in rami dalla regione più adulta di fronte a quella degli ultimi anni, è assai verosimile abbia parte epinastia, e non sarebbe da meravigliarsi si esplichi in organi ad esaurita crescenza longitudinale, giacchè può manifestarsi il geotropismo nelle stesse condidizioni (p. 137). In appoggio sta il dato di fatto, riscontrato in casi di cui sopra con misurazioni dal Baranetzky (*l. c., p. 220*), che, in corrispondenza al lato superiore, gli elementi legnosi sviluppatisi più tardi offrono una maggiore lunghezza rispetto a quelli della stessa età al lato inferiore, il che non ha luogo nei più giovani, e indicherebbe in parti adulte una crescenza in più al lato superiore. Naturalmente è da tener conto che anche il peso dei rami può avere in via diretta una qualche parte nel-

l'inclinazione che assumono (entra in campo nelle forme così dette « piangenti », ma anche in queste si danno fenomeni attivi di epinastia; e almeno in molti casi è anche facile riconoscere l'esistenza di un geotropismo negativo alla tendenza di rialzarsi all'apice o a breve distanza, la quale può manifestarsi più tardi nella porzione adulta dei rami pendenti di alcuni anni (*l. c., p. 216;* G. Hering - *Untersuchungen über das Wachsthum inversgestellter Pflanzenorgane - Jahrb. f. wiss. Bot., 1904, XL, p. 554;* p. 138).

L'epinastia, almeno nei casi studiati fino ad ora, non è legata in modo esclusivo a un dato lato morfologico, ma solo a quello che riesce fisicamente superiore; mentre nei rami inseriti sopra assi verticali quest'ultimo, in corrispondenza del quale si sviluppa l'epinastia, è acroscopo, non riesce tale in getti dipartentisi da assi a loro volta orizzontali od obliqui. Non v'ha quindi alcun dubbio che questo fenomeno di dorsiventralità fisiologica è dovuto a un'induzione della gravità, e riguardo al modo con cui dessa si compie nulla sappiamo di preciso; solo parrebbe da escludersi sia in giuoco la tensione che si stabilisce al lato superiore, dovuta alla tendenza dell'organo a inflettersi meccanicamente verso terra, giacchè abbiamo visto che l'epinastia si sviluppa se equilibrato il detto peso (p. 144; in relazione con quanto è stato accennato sopra sulla maggior elongazione di elementi legnosi al lato superiore, da ricerche di Wiedersheim risulta che tensioni provocano al contrario in rami una minor lunghezza di elementi legnosi: *Ueber den Einfluss der Belastung auf die Ausbildung von Holz- und Bastkörper bei Trauerbäumen - Jahrb. f. wiss. Bot., 1903, XXXVIII, p. 41*). In un certo numero di casi si potè sperimentare di esaurirla e indurla a nuovo spostata rispetto alla primitiva. Baranetzky (*l. c. p., 167*), avendo fissato alberetti di Prunus Padus coll'asse primario orizzontale, osservò che, avvenuto l'incurvamento dei rami verso la base della pianta in obbedienza all'epinastia alla quale non è più contrapposto il geotropismo, in seguito si ritendono e si rialzano geotropicamente, il che accenna a scomparsa della prima epinastia; indi, procedendo i getti nel loro sviluppo, le nuove inflessioni geotropiche vanno diminuendo e tendono ancora a ritendersi, come avviene quando la pianta è orientata normal-

mente. E dobbiamo ammettere si sia sviluppata una nuova epinastia, che risponde nei rami orizzontali a un fianco anzichè al lato acroscopo. Se la pianta vien fatto ruotare al clinostato quando si son sviluppate le curve geotropiche precedenti, non solo cominciano subito le ritensioni, ma risultano incurvamenti più o meno forti in senso contrario. Fenomeni simili possono osservarsi anche in altre specie (*l. c., p. 182*). Le esperienze anzidette provano che l' epinastia è più duratura del geotropismo; inoltre richiederebbe più tempo a svilupparsi. E riguardo a quest' ultimo punto può ancora ricordarsi l'esperienza del Baranetzky (*l. c., p. 165*) di rimettere nella posizione normale verticale getti di Philadelphus coronarius, eliminata l'epinastia dei suoi germogli plagiotropi con 3 giorni di rotazione al clinostato; osservò che questi si curvano energicamente verso l'alto perchè non ancora indotta la nuova epinastia, mentre ciò non ha luogo nelle condizioni ordinarie. (Non si può pensare a considerar l' epinastia, come vorrebbe il Baranetzky, qualche cosa come una reazione dell'organo al geotropismo; è dato osservare la curvatura al clinostato anche in organi prima rettilinei [Wiesner - *l. c., p. 797*], e si è visto che in Ulmus, Tilia precede nel suo esplicarsi il geotropismo).

Affinchè abbia luogo è necessario esista un lato superiore, quindi non si osserva in organi verticali, in primo luogo nell'asse primario. Ma anche questo, se tenuto orizzontale, può acquistar qualità epinastiche. Così nelle esperienze descritte poc'anzi coi Prunus Padus, in cui l'alberetto veniva legato orizzontale, l' estremo dell'asse primario s' incurva verso l' alto e solo talvolta raggiunge la verticale; per lo più non si rialza che di 50-60°, senza dubbio perchè ha avuto tempo di svilupparsi un'epinastia, la quale, come nei rami della stessa pianta, si accentua coll'ulteriore sviluppo dell'organo, scemando la curva, e permane solo un' elevazione di 30-40°. Un comportamento simile nelle stesse condizioni fu pure dimostrato dal Baranetzky nel fusto di Acer platanoides, Aesculus Hippocastanum, Fraxinus excelsior (*l. c., p. 178*). E in certe specie normalmente l'estremo dell'asse primario è inclinato, come in Ulmus, Tilia, Cedrus. D' altra parte i getti che si sviluppano al lato superiore di rami orizzontali od obliqui, frequentemente si dirigono secondo la verticale; l'e-

pinastia non entra in campo, e la crescenza in questa direzione può pure ottenersi legando rami orizzontali od obliqui, verticalmente all' insù. Il rialzarsi di rami plagiotropi fino alla verticale, per debilitazione (o scomparsa) dell' epinastia, ha luogo in Abies excelsa, A. pectinata ed altre Conifere, ecc., asportato l'apice del tronco; questo è sostituito da uno (o più) dei rami laterali più vicini. Ed è noto che emettono getti più o meno verticali alberi, arbusti mozzati (La riduzione dell' epinastia in molti casi è correlativa a una maggiore crescenza longitudinale). E sieno ricordate le varietà d'alberi a chioma fastigiata (Populus, Cupressus, ecc.), dai rami tutti assai eretti.

Asse primario e rami sono dunque dotati delle stesse attitudini orientatrici; tanto nell' uno quanto negli altri si sviluppa epinastia quando v' ha un lato fisicamente superiore. Invece, è noto, fusticini di piante provenienti da semi, se orizzontali, si incurvano fino alla verticale, non accusando epinastia (sarebbero desiderabili osservazioni su piantine appartenenti a specie arboree, estese a periodi successivi dello sviluppo; il diverso comportarsi di individui adulti si spiegherebbe forse con una capacità a curvarsi in seguito più utilmente verso la base? si veda a p. 138). Però si conoscono esempi di fusticini reclinati nei quali potrebbe essere in giuoco una epinastia, in grado di svilupparsi date particolari condizioni interne od esterne. Il declinamento dalla posizione ortotropa avviene di buon'ora in ispecie a caule adulto plagiotropo, come nell'Adoxa moschatellina, nel Polygonatum multiflorum, ecc. (si veda per es. K. Goebel - *Organographie der Pflanzen - Jena, 1898-1901, p. 647*). E il fenomeno si osserva pure, come è noto, nei fusticini delle piante volubili.. Il Neljubow (*Ueber die horizontale Nutation der Stengel von Pisum satirum und einiger anderen Pflanzen - Beih. z. bot. Centralbl., 1901, X, p. 128*) ha mostrato che piantine di Pisum sativum assumono allo scuro nei laboratori una orientazione più o meno orizzontale sotto l' influenza delle tracce di gas illuminante contenute nell'aria, ed è probabile che il fenomeno simile offerto da Vicia sativa ed Ervum Lens sia da attribuirsi alla stessa causa, ecc.

Le medesime determinanti d' orientazione si delineano in giuoco anche pei rami plagiotropi delle piante erbacee, come pure per gli stessi

organi della regione fiorale nelle antiche ricerche del de Vries (*l. c., p. 268*); in parecchi casi sperimentò che, orizzontali, si curvano più energicamente all'insù se rovesciati col lato prima inferiore in alto (Calendula arvensis, Asperugo procumbens, occ. pei primi e Tanacetum Parthenium, Archangelica officinalis, Crambe cordifolia, Isatis tinctoria, Sinapis nigra, ecc. pei secondi) e verticali, od orizzontali colle facce superiore ed inferiore di fianco, si inflettono nel senso dell'epinastia.

Ad epinastia variabile durante lo sviluppo potrebbero essere dovute le curvature attive con cui pedicelli, prima eretti, vengono a dirigere i fiori, d'ordinario in un periodo giovanile o di poco anteriore all'antesi, verso terra o solo più o meno orizzontali (Convallaria majalis, Leucojum vernum, Papaver, Narcissus, Hemerocallis flava, ecc.; anche perigoni possono curvarsi nel senso dell'epinastia, come in Clivia nobilis, Hemerocallis flava). La relativa rigidità dei detti organi, per modo che se le piante o le infiorescenze vengono capovolte, non cedono al peso dei fiori e conservano la curvatura, mostra che non è passiva, dovuta al peso. (Si danno ben inteso anche fiori nutanti a pedicelli assai deboli, nei quali il reclinamento è passivo; però è da aspettarsi che in certi casi, come avrebbe luogo nel Galanthus nivalis e nell'Helleborus foetidus, anche in pedunculi curvati per effetto diretto del peso, esista la tendenza a una inflessione attiva: si veda H. Vöchting - *Die Bewegungen der Blüthen und Früchte, Bonn, 1882, p. 153, 155*) E a togliere ogni dubbio abbiamo esperienze sopra alcune specie, nelle quali il peso del fiore veniva equilibrato (anzi con una notevole risultante d'azione in senso contrario), e ciò non ostante la curvatura aveva luogo ugualmente (per Narcissus Pseudo-Narcissus e N. poëticus *l. c., p. 63, 79;* per il Papaver Rhoeas *l. c., p. 100* e specialmente M. Fünfstück - *Zur Frage nach der aktiven Krümmung der Knospenstiele der Papaveraceen - Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch., 1883, p. 431;* per il perigonio di Clivia nobilis si consulti Wiesner - *Notiz über eine Blüthe mit positiv geotropischen Eigenschaften - Idem, 1892, p. 14*). Queste ricerche mostrano pure che l'epinastia, come nei rami delle piante legnose, non sarebbe indotta da una tensione al lato superiore, dovuta al peso del bottone. I pedicelli si comportano similmente sotto il punto di vista che ci occupa alla luce e allo scuro (Vöchting - *l. c.;*

Wiesner - *Silz. 1902, p. 747*), quindi questa non può trarsi in campo nel loro orientamento. Che intervenga una induzione della gravità è mostrato dal fatto che, almeno in un certo numero di casi, si è riconosciuto, che tenendo le infiorescenze in posizione anormale, le curvature riescono orientate normalmente rispetto alla terra. Se racemi di Convallaria majalis sono fissati per tempo orizzontali, i peduncoli fiorali si inflettono pure all'ingiù, non assumendo la convessità il lato del pedicello volto all'apice dell'infiorescenza (Wiesner - *l. c., p. 744*); se fiori di Clivia nobilis si dispongono orizzontalmente a mezzo di pinze applicate alla loro base, si incurvano verso terra, sia che il lato verso lo zenith corrisponda alla parte morfologicamente superiore, o all'inferiore, o a un fianco (Wiesner - *l. c., p. 764*). E si può anche ricordare la Forsythia viridissima, i cui fiori nutanti portati da rami plagiotropi, offrono il lato convesso superiore dei peduncoli con diverse relazioni morfologiche all'asse madre a seconda dell'inserzione loro. In un buon numero di specie è stato sperimentato di far ruotare le piante al clinostato (asse orizzontale) in uno stadio sufficientemente giovine, quando i peduncoli sono ancora diritti, col risultato che le dette curvature non hanno luogo (Narcissus Pseudo-Narcissus, N. poëticus, Hemerocallis flava, Tussilago Farfara, Polygonatum multiflorum, Leucojum vernum: Vöchting - *l. c., p. 29, 78, 91, 125, 149, 152*). In altre ricerche al clinostato fu ottenuta la ritensione totale o parziale delle curve già esistenti (Narcissus, Papaver, Tussilago, Cyclamen persicum, Aquilegia vulgaris, Fritillaria, Leucojum: *l. c., p. 30, 78, 100, 125, 132, 146, 147, 152*).

Il Vöchting, nelle esperienze di cui sopra, non accenna che al clinostato, in prima le inflessioni si accentuino, come sarebbe da aspettarsi se agente epinastia; il Wiesner però indica che fatti ruotare al clinostato piedi di Papaver Rhoeas quando avviene il reclinamento dei peduncoli, risulta una forte curva in senso epinastico e i bottoni si dirigono verso l'asse madre (*l. c., p. 754*). Così pure il carattere epinastico e non tropistico (tropismo positivo) dell'inflessione che ha luogo naturalmente nei peduncoli di Papaver, apparirebbe al fatto che nel Papaver argemonoides spesso questa si accentua tanto da descrivere il pedicello un'intera circonferenza prima di condurre definitivamente il bottone

all' ingiù. (Vöchting - *l. c., p. 95*), e Wiesner riferisce che l' epinastia si manifesta al clinostato nei peduncoli di Dahlia variabilis (*l. c., p. 757*). Similmente non sappiamo se in generale, rovesciate le piante od infiorescenze quando già esiste l' inflessione, in modo che il lato del pedicello prima in alto si rivolga alla terra, in sul principio la detta curvatura aumenti, per combinazione d'epinastia col geotropismo negativo; solo Wiesner accenna a un fatto di questo genere per il Lilium auratum (*l. c., p. 757;* si consulti anche Vöchting - *l. c., p. 8*). In dette esperienze, del Vöchting, istituite su Narcissus Pseudo-Narcissus, Cyclamen, Fritillaria, Leucojum vernum (*l. c., p. 34, 130, 147, 151*), è indicato il risultato (finale) di una ritensione completa o parziale, che potrebbe esser dovuta a nuova induzione epinastica. Come si vede, mancano nel complesso dati per poter concludere con sicurezza essere in giuoco epinastia anzichè modificazione della qualità del geotropismo concomitante a un dato stadio di sviluppo, trapassando l'organo dall'apogeotropismo a un vero dia o clinogeotropismo o addirittura a un geotropismo positivo. Una antica esperienza di Dutrochet sembrerebbe a prima vista favorevole alla seconda concezione. Questo autore (*Mémoires pour servir à l'histoire anat. et physiol. des végétaux - Paris, 1837, II, p. 56*), avendo fatto ruotare con apparecchio a forza centrifuga dei getti fioriti di Borrago officinalis con la base rivolta all'asse e per conseguenza coi fiori nutanti che guardano verso questo, dopo 16 ore osservò che tutti i peduncoli erano ritesi dirigendo le corolle verso l' esterno. Ma non è escluso siasi indotta una novella epinastia invertita rispetto alla primitiva.

Non è da passare sotto silenzio che in parecchie specie a pedicelli reclinantisi, questi dopo un certo tempo si sollevano, indicando che, o scema l'epinastia, o le qualità geotropiche tornano nelle prime condizioni, come in Papaver (quando si approssima l'antesi), Aquilegia, Leucojum vernum (avvenuta la fecondazione), Tussilago (avvicinandosi la maturazione degli acheni), ecc. Notevolissimo si offre sotto questo punto di vista l'Agapanthus umbellatus, i cui peduncoli assumono successivamente tre orientazioni differenti (Vöchting - *l. c., p. 87*). Nei Papaver e Tussilago si è sperimentato che, asportando rispettivamente il bottone fiorale o il ca-

polino, il peduncolo si solleva e si ritende, anticipandosi questo fenomeno, senza che sia affatto in giuoco la diminuzione del peso sopportato (*l. c., p. 103, 126*); la ritensione si compie pure se l'organo reciso (o due; la prova riuscì anche parecchie volte con tre) vien fissato con filo all' estremità del pedicello.

Prima di terminare l'argomento dell'orientazione dei peduncoli fiorali ricorderò che, secondo Vöchting (*l. c., p. 158*), nell'Asphodelus luteus il loro reclinarsi poco prima o durante la fioritura, sarebbe autonomo, avrebbe luogo anche al clinostato (esclusa l'azione della luce).

Veniamo ai getti striscianti epigei delle piante erbacee (non pare in complesso che la luce abbia importanza nel loro orientamento: A. Maige *Recherches biologiques sur les plantes rampantes - Annales des Sc. Nat., 8.ª ser., 1900, XI, p. 339*), e ai rizomi e stoloni sotterranei, pei quali si ammette generalmente un vero diagetropismo. Spostati dall'orientazione normale orizzontale, dirigendoli verticalmente in alto o in basso oppure obliqui, vi ritornano con curvature. (Si sperimentò per gli organi repenti epigei in Glechoma hederacea, Ajuga reptans, Mentha aquatica, Hieracium Pilosella, Ranunculus repens, Rubus coesius, Potentilla reptans, Trifolium repens, ecc.: Maige - *l. c., p. 339;* B. Lidforss - *Ueber den Geotropismus einiger Frühjahrspflanzen - Jahrb. f. wiss. Bot., 1903, XXXVIII, p. 353;* F. Oltmanns - *Ueber positiven und negativen Heliotropismus - Flora 1897, p. 25;* F. Czapek - *Ueber die Richtungsursachen der Seitenwurzeln und einiger anderer plagiotroper Pflanzentheile - Sitz. d. Akad. d. Wissensch. in Wien, 1895, CIV, 1 Abt., p. 1234;* A. B. Frank. - *l. c., p. 18.* Pei rizomi e stoloni sotterranei, in Heleocharis palustris, Scirpus maritimus, Sparganium ramosum, Adoxa moschatellina, ecc.: F. Elfving - *Ueber einige horizontal wachsende Rhizome - Arb. d. bot. Instit. in Würzburg, II, 1880, p. 490, 492, ecc.;* E. Stahl - *Einfluss des Lichtes auf den Geotropismus einiger Pflanzenorgane - Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. 1884, p. 387;* Czapek - *l. c., p. 1231*). Il comportamento indicato, che accennerebbe a diageotropismo propriamente detto, non è d'altra parte nemmeno in contraddizione coll' ipotesi della combinazione di geotropismo negativo ed epinastia; quest'ultima, come pure il geotropismo negativo, potrebbero entrar in campo nelle curve

tendenti a far riassumere l' orientazione normale. Ed è a notarsi che anche in rami di piante legnose furono osservati ritorni all' orientamento primitivo (p. 146; Baranetzky - *l. c., p. 213, 215;* i risultati del Frank [*l. c., p. 22, 31*] in questo senso non sono però confermati in generale dal Baranetzky: *l. c., p. 194, 210.* Il fatto constatato in organi plagiotropi sotterranei [Stahl - *l. c., p. 387;* Czapek - *l. c., p. 1231*] che spostati verticalmente all' ingiù richiedono più tempo a reagire che non quando volti all' insù, si potrebbe spiegare con una minor intensità di crescenza così orientati. È noto che organi parallelotropi nella posizione verticale inversa rallentano l' accrescimento [p. 164], e non è ancora il caso di pensare a una iponastia combinata con geotropismo positivo come per le radici secondarie, anzichè a una epinastia con geotropismo negativo).

Per cauli sotterranei contro la concezione dell' epinastia starebbe il dato di fatto che, tenuti orizzontali, ma capovolti col lato prima verso lo zenith all'ingiù, non si curvano affatto (Heleocharis palustris, Sparganium ramosum, Scirpus maritimus: Elfving - *l. c., p., 491, 493*), ma bisogna tener presente la lentezza con cui possono compiersi i movimenti di questi organi; l'epinastia potrebbe esaurirsi prima che sia in grado di apparire l'inflessione. E lo stesso accenniamo a proposito della circostanza che quando vengono spostati dall'orientazione normale, nel curvarsi non sempre la convessità è assunta dalla faccia prima superiore (Elfving - *l. c., p. 493*), il che fu sperimentato invece in getti striscianti epigei (Holosteum umbellatum, Lamium purpureum: Lidforss - *l. c., p. 353, 360;* Lysimachia Nummularia: J. Massart - *Sur l'irritabilité des plantes supérieures, Bruxelles, 1902, p. 13;* Rubus: Czapek - *l. c., p. 1235*). L'epinastia emerge dalle ricerche di Lidforss, il quale mostrò che getti plagiotropi di Holosteum umbellatum, Lamium purpureum, Veronica hederaefolia, Lysimachia Nummularia fatti ruotare di 90° in modo da volgere verso lo zenith un fianco, si curvano in un piano orizzontale, assumendo la convessità il lato prima superiore (*l. c., p. 352, 360, 363, 365*), e con rovesciarli (Veronica, Lysimachia) constatò che si sollevano energicamente per poi ritendersi (*l. c., p. 363, 365*), a somiglianza di quanto ha luogo in rami di piante legnose; così pure dalle esperienze dello

stesso genere compiute dal de Vries (Potentilla reptans, Ajuga reptans, ecc.: *l. c., p. 269*). E all'esistenza comunque di un certo grado di epinastia in getti striscianti epigei accenna il fatto che per lo più non sono del tutto rettilinei, ma alquanto curvi con la convessità in alto, estendendosi l' inflessione a un gran numero di internodi, come nell' Hieracium Pilosella e nella Mentha acquatica, o formando tante arcate quanti sono gli internodi, ad esempio in Ranunculus repens, Potentilla reptans, Glechoma hederacea (Maige - *l. c., p. 340;* questi fenomeni sono indipendenti da eliotropismo). Studi di Bargagli-Petrucci (*Alcune esperienze sul plagiotropismo dei rami di Hedera Helix - Bullet. d. Soc. bot. ital. 1906, p. 186*) su esemplari di Hedera orizzonzontali dosiventrali, nei quali ottenne al clinostato (tanto alla luce che all' oscurità) inflessioni verso la faccia prima inferiore, provano ivi l'epinastia e non legata a un dato lato morfologico, giacchè se la pianta rimase per molte ore prima della rotazione capovolta, la curva offre la convessità al lato ultimamente verso l'alto, e lo stesso si dica se volgeva alla terra un fianco.

Il problema delle determinanti l'orientazione degli organi caulinari striscianti sotterranei ed epigei non è ancora risolto con certezza nemmeno dai dati che possediamo intorno alle modificazioni che questa può subire in molti casi, dovute sia a cause interne, sia esterne, che passeremo in rassegna, cominciando dalle parti ipogee. Da plagiotropi possono rendersi apogeotropici, come è noto, i rizomi simpodiali di Polygonatum, Hippuris vulgaris e numerosi altri, i quali si continuano in getti aerei, e una gemma ascellare provvede all'ulteriore sviluppo del rizoma. Il passaggio dall'una all'altra stazione si osserva pure negli stoloni sotterranei di Sparganium ramosum, Scirpus maritimus (Elfving - *l. c., p. 492*), Circaea intermedia (K. Goebel - *l. c., p. 646*), ecc.; e in certi casi può anticiparsi la loro erezione asportando l' asse principale ortotropo che porta foglie (Goebel - *Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Blattes - Bot. Ztg., 1880, p. 818*), ecc. I rizomi di Polygonatum multiflorum avrebbero la capacità di curvarsi, sollevandosi od abbassandosi, in modo da mantenere una profondità all' incirca costante nel suolo inclinato, e parrebbe sieno in giuoco correlazioni colla lun-

ghezza della porzione del getto foglifero entro il terreno prima di giungere all'infuori; se troppo breve, il rizoma sarebbe indotto a una curvatura in un certo senso, se troppo lunga, in senso contrario (C. Raunkiaer - *Comment les plantes géophytes à rhizomes apprécient la profondeur où se trouvent placés leurs rhizomes - Bull. d. l'Acad. d. Sc. et d. Lettres d. Danemark, 1904, p. 229;* similmente si comporterebbe l'Heleocharis palustris: *l. c., p. 332*). In questi organi che si sviluppano abitualmente allo scuro, modificazioni dell'orientamento verso la gravità possono essere determinate dalla presenza della luce, agente sulle strutture irritabili in modo da modificare l' intensità dell' epinastia (o la qualità del geotropismo; come si usa dire « il tono » della rispondenza). Quelli di Adoxa moschatellina (Stalh - *l. c., p. 385*), mentre allo scuro e quindi entro il terreno sono diageotropici, alla luce crescono all' ingiù e non entra in campo eliotropismo negativo. Se in buon numero stanno ficcati verticalmente in terra umida colla regione più giovine sporgente e si illuminano da un lato, le dette inflessioni verso il terreno avvengono irregolarmente in piani vari senza rapporto colla direzione della luce; così pure si possono ricoprire con un recipiente nero, facendovi giungere la luce dal di sotto mediante uno specchio, e anche in questo caso reclinano. È pure da escludere un' influenza idrotropica del terreno, giacchè le esperienze riescono se mantenuti gli organi sott' acqua). (Notiamo che il rizoma verrebbe anche fuori del suolo attivamente a un dato periodo dello sviluppo, quando deve emettere foglie o con queste assi secondari fioriferi: Goebel - *l. c., p. 790*). Cambiamenti di rispondenza nello stesso senso, dovuti alla presenza della luce, riscontriamo pure in Circaea lutetiana e Trientalis europaea (*l. c., p. 391*), e forse il fenomeno è comune in rizomi e stoloni sotterranei, ed avrebbe lo scopo di ritornarli nel terreno quando per l' inclinazione di questo son condotti ad uscirne. Entro il suolo riprendono l' orientazione primitiva. Vi sono però dei casi, come nella Mentha viridis e nella M. longifolia, in cui, come risultò a Briquet (*Archives des Sc. phys. et nat. d. Genève - 4° Per., I, 1896, p. 273*), stoloni ipogei disotterrati passano in getti aerei fogliosi eretti. Anche cambiamenti nella natura del mezzo ove vivono possono in certi casi modificare l'orientazione. Gli

stoloni di Sparganium ramosum e Scirpus maritimus in acqua si curvano verso l'alto e divengono ortotropi, il che nelle condizioni normali avviene solo più tardi (Elfving - *l. c., p. 492*). Nei casi enumerati di variazioni della rispondenza alla gravità, come in parecchi ancora da esporre, queste sono in generale concomitanti a modificazioni morfologiche o almeno della crescenza.

Ed ora ai getti repenti non sotterranei sotto lo stesso punto di vista. In un buon numero di specie prima sono eretti, indi reclinano come ha luogo in Veronica officinalis, Vinca, Rubus coesius, Potentilla reptans (Maige - *l. c., p. 271, 276, 278, 279, 306*); in altre si osserva questo fenomeno solo per una parte dei detti organi, come in Lamium Galeobdolon, Ajuga reptans, Glechoma hederacea (*l. c., p. 256, 263, 296*; esistono pure, come è noto, delle specie a getti che si iniziano sempre orizzontali, come nel Trifolium repens e nella Fragaria vesca: *l. c., p. 290, 312*). Questi organi giungono dalla stazione eretta alla orizzontale con stadi intermedi inclinati, e il Maige (*l. c., p. 344*), sperimentando sopra alcune delle specie citate, ha mostrato che, non solo nel caso si tratti delle estreme, ritornano alle orientazioni assunte se ne vengono spostati artificialmente, ma che ciò ha pure luogo per le intermedie oblique acquistate in via transitoria. E questo potrebbe spiegarsi tanto con epinastia gradatamente crescente quanto con vere modificazioni del geotropismo. È dato pure di osservare il passaggio inverso: rami striscianti possono, per lo più al principio di un nuovo periodo vegetativo, rialzarsi (Veronica officinalis, Glechoma hederacea, Lamium Galeobdolon (*l. c., p. 270, 296, 256;* in seguito in generale reclinano).

Riguardo alle modificazioni dell'orientamento sotto l'influenza di particolari condizioni esterne, i getti repenti di Polygonum aviculare, Lysimachia Nummularia, Glechoma hederacea, Holosteum umbellatum, Hieracium Pilosella, Ajuga reptans, ecc., se tenuti all'oscuro si sollevano (Frank - *l. c., p. 18;* Czapek - *l. c., p. 1249;* Oltmanns - *l. c., p. 23;* Massart - *l. c., p. 17*; Lidforss - *l. c., p. 348;* Maige - *l. c., p. 345;* come si è già accennato, la stazione orizzontale alla luce diffusa non ha alcuna relazione con un eliotropismo negativo). Il Maige in varie specie (specialmente nella Stachys sylvatica: *l. c., p. 347*) ha inoltre

riscontrato che la luce diretta del sole spiega sui rami, striscianti od obliqui ad illuminazione diffusa, una azione analoga a quella dell'oscurità, rialzandoli; col ritorno alle condizioni primitive (luce diffusa) riprendono l'antica orientazione, e provò che anche le posizioni intermedie oblique assunte corrispondono di passaggio a equilibri, e gli organi vi ritornano se ne sono spostati.

Il Lidforss (*l. c., p. 343*) compì estesi studi sull' Holosteum umbellatum e sul Lamium purpureum, che offrono i getti striscianti se la temperatura è bassa, e se più elevata, li sollevano, e mostrò che il fenomeno è pure dovuto a cambiamento nelle attitudini orientatrici. Se quando fa freddo vengono spostati dall' orizzontale, vi tornano, e così pure quando è più caldo, se tolti dalla verticale, la riassumono curvandosi (a determinar la stazione strisciante non può aver parte l'eliotropismo, che anzi è debolmente positivo). Facendo ruotare al clinostato queste piante con getti repenti, a una temperatura di 20-30°, alla quale altrimenti si rialzano sempre, si mantengono invece striscianti, e si comprende; l'esperienza di sottoporre alla rotazione piante con rami eretti tenendo bassa la temperatura, dà per risultato curvature verso il terreno, e si potrebbe far entrare in campo l'epinastia già indotta nella stazione eretta (non perfettamente verticale), ma incapace di esplicarsi perchè vinta dal geotropismo negativo. Le posizioni intermedie fra l'orizzontale e la verticale assunte transitoriamente in natura sono pure dovute ad azioni orientatrici intermedie, giacchè Lidforss rilevò che se la temperatura cresce di poco, i getti si sollevano di un piccolo angolo e rimangono in quella posizione a lungo, anche delle settimane, fino a che il calore non aumenti ancora. Così pure troviamo getti repenti a bassa temperatura ed eretti se più elevata, in altre specie, come Veronica Chamaedrys (*l. c., p. 362*), Mimulus Tilingii (Vöchting - *Ueber den Einfluss niedriger Temperatur auf die Sprossrichtung - Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch, 1898, p. 37*). A cause simili potrebbe essere dovuto il reclinare che si osserva in natura in certe specie nel passaggio dall'autunno all'inverno; però bisogna tener presente caso per caso la possibilità che entri in giuoco semplicemente diminuito turgore (la pianta coll'assorbimento radicale potrebbe non essere in grado di

procurarsi acqua a sufficienza se la temperatura è molto bassa), come, secondo il Lidforss, avverrebbe spesso nel Senecio vulgaris (*l. c., p. 366*). Lo strisciare delle piante quando il clima è rigido può essere utile biologicamente, attenuando l'irradiar del calore e anche la traspirazione. Il portamento repente di un certo numero di specie alpine è verosimile attribuirlo pure all'influenza della bassa temperatura, e il Salix herbacea e la Saxifraga oppositifolia, coltivati in condizioni più miti, divengono eretti (*l. c., p. 367*).

Certi getti abitualmente striscianti, si sollevano se crescono sott'acqua, come nella Lysimachia Nummularia (Massart - *l. c., p. 13*) e nella Glechoma hederacea (G. Klebs - *Willkürliche Entwickelungsänderungen bei Pflanzen - Jena, 1903, p. 93;* oltrepassata la superficie del liquido si rendono di nuovo orizzontali). In qualche caso anche azioni chimiche potrebbero essere in grado di determinare una modificazione dell'orientamento di fronte alla gravità, in getti di Solanum tuberosum che si sviluppano orizzontali allo scuro nell'aria di laboratorio contenente tracce di gas illuminante (M. Singer - *Ueber den Einfluss der Laboratoriumsluft auf das Wachsthum der Kartoffelsprosse - Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch., 1903, p. 175*; l'autore esclude sia in giuoco idrotropismo, e sperimentava a temperatura non bassa, in modo da non poter entrare in campo l'azione di questa), a somiglianza di quanto si è visto in piantine di alcune specie (p. 147).

Trattiamo ora delle radici plagiotrope emesse dalla radice principale, da botture, rizomi, bulbi, ecc. Come è noto, son dirette più o meno obliquamente all'ingiù, e formano colla verticale, quindi colla radice primaria quando esiste, un certo angolo, variabile spesso oltrechè nell'ambito delle specie anche individualmente; inoltre quest'angolo in una stessa pianta d'ordinario è maggiore alla base della radice madre, ove può anche essere più o meno retto, che non nel rimanente (anche i rami degli alberi di frequente si inseriscono sull'asse principale con angoli differenti, verso l'apice e più lontano). Il loro geotropismo è mostrato dal fatto che, rovesciate le piantine, i bulbi, i tuberi, ecc. che portano le dette radici, in modo che vengano ad essere dirette verso l'alto, si incurvano all'ingiù fino a riassumere all'incirca la primitiva

direzione di fronte alla gravità, e se dopo un certo tempo ritorniamo le piante nella stazione normale, si inflettono ancora per disporsi più o meno parallele alle direzioni prime (J. Sachs - *Ueber das Wachsthum der Haupt- und Nebenwurzeln - Arb. d. bot. Inst. in Würzburg, I, 1874, p. 605;* si veda anche a *p. 627*). Lo stesso risultato di curve conducenti queste radici più o meno alle orientazioni primitive rispetto alla gravità, si può avere disponendo la radice primaria orizzontale (*l. c., p. 624*) e Schober (*Das Verhalten der Nebenwurzeln in der verticalen Lage - Bot. Ztg., 1898, p. 1*) osservò il fenomeno anche in secondarie che venivano nell' esperienza condotte verticalmente all' ingiù (si veda altresì F. Czapek - *Untersuchungen über Geotropismus - Jahrb. f. wiss. Bot., 1895, XXVII, p. 330*).

Notevolissima è la scoperta di Sachs (*l. c., p. 621*) che, assoggettate a forze centrifughe (2-4 g), più queste sono forti, e più le radici secondarie si avvicinano alla direzione delle forze agenti, il che non sarebbe molto comprensibile coll' ipotesi di un clinogeotropismo propriamente detto. Si potrebbe pensare offrano tropismo positivo come le primarie, senza essere in grado di raggiungere la verticale perchè soggette altresì a una iponastia della stessa natura dell' epinastia che abbiamo visto nei rami, e la cui induzione, o non cresce, o più lentamente del geotropismo coll' incremento della forza stimolante. E conserverebbero per lo più la direzione iniziale (come avviene del resto anche in rami; forse nel conflitto fra ipo o epinastia e progeotropismo si farebbe pur sentire la tendenza insita in molti organi a conservarsi rettilinei), non dovuta alla gravità ma autogena, giacchè coltivando piantine al clinostato a cominciare da quando la radice primaria erompe dal guscio seminale, la loro orientazione rispetto a quest' ultima appare all' incirca come negli esemplari che crescono normalmente, soggetti all' azione unilaterale della gravità (*l. c., p. 599, 603, 618*). Nelle esperienze indicate sopra di radici primarie orizzontali, naturalmente nelle secondarie che riescono dirette all' insù la curvatura sarebbe dovuta al geotropismo negativo, e siccome formano per lo più un angolo acuto colla radice principale, è da aspettarsi che la concavità dell' inflessione sia rivolta all' apice della radice madre, e nei casi in cui avviene il contrario si

potrebbe pensare che, data la loro poca inclinazione, entrò in campo l'iponastia. In quelle condotte coll'apice più o meno verticale all'ingiù, obbedendo, quando si rialzano, ad iponastia, il lato convesso dovrebbe riuscire acroscopo, e quando questo non si verifica, si offrirebbe la possibilità che, date condizioni di crescenza depresse, non si esplichi subito, e in seguito nutazioni permettano una nuova induzione iponastica contraria. (Secondo Czapek in *Weitere Beiträge zur Kenntniss der geotropischen Reizbewegungen - Jahrb. f. wiss. Bot., 1898, XXXII, p. 243,* tenendo radici secondarie coll' apice esattamente verticale dirette in alto o in basso, incluse in stretti tubi di vetro, se vengono tolte dopo più ore e fatte ruotare al clinostato, non si danno curve; se questi risultati si confermano sarebbe il caso di pensare che l'induzione iponastica ha avuto tempo di esaurirsi). E dato che non siamo in presenza di un vero clinogeotropismo, queste nutazioni dovrebbero ancora trarsi in campo nelle esperienze pure di Schober (*l. c.*) nelle quali la radice madre veniva orientata per modo che radici da essa emesse dovessero riuscire dall'inizio verticali, e pure dopo un certo tempo finivano per lo più coll' incurvarsi obliquamente.

Ricordo che, come è indicato nella nota [59]) a p. 167, dato si trattasse di un clinogeotropismo propriamente detto, dovremmo aspettarci al clinostato curve tendenti a condurre le radici secondarie parallele all'asse di rotazione, le quali non hanno luogo. L' ipotesi sarebbe da rigettarsi, e del resto appare verosimile che ulteriori studi tolgano senz'altro ogni ostacolo alla concezione di una ipo o epinastia combinate con ortotropismo come determinanti in generale l' orientamento degli organi plagiogeotropi studiati.

Per le radici terziarie e di ordine superiore sembra, come è noto, dalle ricerche del Sachs (*l. c., p. 629*) che in generale la gravità non agisca come stimolo o insensibilmente nella loro orientazione. Ed è utile alla pianta che sieno dirette nel terreno in tutti i sensi attorno alle radici madri plagiotrope.

In molti casi si è potuto accertare una modificazione nella rispondenza delle radici secondarie di fronte alla gravità col mutar di condizioni esterne. Stahl (*l. c., p. 393*) ha mostrato che radici secondarie

(Phaseolus multiflorus, Vicia Faba, della base del culmo in Zea Mays, del rizoma di Hydrocotyle bonariensis, avventizie in rami di Salix alba immersi nell'acqua, ecc.), esposte alla luce (operava nella nota cassetta di Sachs a pareti di vetro leggermente inclinate e contenente terra soffice: Sachs - *l. c., p. 387*), si avvicinano di più alla verticale, senza che sieno in giuoco fenomeni eliotropici (si veda pure Czapek - *l. c. in Sitz., p. 1245*). E questo può avere una certa importanza in natura, cooperando all'affondarsi delle radici secondarie quando per la conformazione del suolo vengono allo scoperto. Effetto dello stesso genere spiega una temperatura elevata (Sachs - *l. c., p. 624;* Stahl - *l. c., p. 396;* Czapek - *l. c., p. 1251*), il che potrebbe aver lo scopo di condurre le radici da strati di terreno più riscaldati e meno saturi di umidità in strati più profondi relativamente più umidi (Czapek - *l. c., p. 1252*). Anche la natura del mezzo nel quale si fanno sviluppare è suscettibile di avere influenza sulla direzione che assumono. Sachs potè rilevare che, se radici (Vicia Faba, Pisum sativum, Zea Mays: *l. c., p. 589, 609*) son poste per esempio in cilindri di cultura contenenti acqua inferiormente, le secondarie sommerse si dirigono obliquamente all'ingiù, mentre quelle superiori al livello, all'incirca orizzontali (alquanto curve verso l'alto accennando ad iponastia); nella terra l'angolo colla radice primaria sarebbe ancor minore che nell'acqua. E la diversa orientazione nei detti medi è confermata dalle recenti ricerche di Bruck (*Untersuchungen über den Einfluss von Aussenbedingungen auf die Orientierung der Seitenwurzeln - Ztschr. f. allgem. Physiol., III, 1904, p. 401*) e di Nordhausen (*Ueber Richtung und Wachsthum der Seitenwurzeln unter dem Einfluss äusserer und innerer Faktoren - Jahrb. f. wiss. Bot. 1907, XLIV, p. 586;* l'essere il grado di crescenza differente nei vari mezzi, minimo nell'aria, massimo nella terra [Sachs - *l. c., p. 588*], naturalmente non spiega il fenomeno).

Molto importante è il fatto che modificazioni nella rispondenza di questo genere possono pure osservarsi nella radice primaria, la quale in aria umida (e anche in acqua), disposta verticalmente coll'apice in alto od orizzontale, si curva, ma non offre che un orientamento obliquo (anche più o meno orizzontale), mentre in terra, come si sa, arriva a dirigersi verticale coll'apice in basso (Sachs - *l. c., p. 444;* F. Elfving

- *Beitrag zur Kenntniss der physiologischen Einwirkung der Schwerkraft auf die Pflanzen, 1880, p. 32 - Estr. d. Acta Soc. Scient. Fenn., XII;* B. Němec - *Ueber die Wahrnehmung des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen - Jahrb. f. wiss. Bot., 1901, XXXVI, p. 90:* si sperimentò su Vicia Faba, Pisum sativum, Cucurbita Pepo, ecc.). E come le radici secondarie, assoggettate a forze centrifughe superiori a 1g, si avvicinano di più all'ortotropismo (p. 158; le radici stanno nall'aria umida), lo stesso risultato ebbe Elfving (*l. c., p. 33*) sperimentando con notevoli forze sopra radici primarie divenute, come si è visto, plagiotrope in aria. Almeno in certe condizioni, la radice primaria si comporterebbe quindi come le secondarie, e questo abbiamo riscontrato per l'asse primario caulinare e i rami. D'altra parte, a somiglianza di quanto ha luogo in organi epigei, decapitando la radice primaria, essa può venire rimpiazzata da una o più radici secondarie, orientantisi ortotropicamente o includenti colla verticale angoli minori delle altre (per particolarità si consulti M. Nordhausen - *l. c., p. 558;* sia notato che se il tratto asportato è brevissimo, non superiore a 1 mm, ha luogo invece la rigenerazione dell'apice). Si è visto (p. 158) che la direzione delle radici secondarie all'origine è determinata da correlazioni colla radice madre; orbene, risulta dagli studi di Nordhausen che al loro inizio la diversa direzione rispetto all'asse madre, in seguito alla decapitazione di cui sopra, è pure dovuta a cause autogene (modificate), almeno in gran parte: il fenomeno può osservarsi se le piante furono mantenute in rotazione al clinostato. E ricordiamo ancora altre interessanti ricerche di Nordhausen (*l. c., p. 585*), compiute principalmente sul Lupinus albus, le quali mostrano che se le radichette vengono tenute in condizione da non poter assorbire normalmente l'acqua, come sarebbe immerse nell'aria (umida, ma non satura: condizioni differenti da quanto a p. 160), in soluzione zuccherina, la maggior parte delle secondarie che verranno emesse, anche se con opportuno dispositivo ancor prima (dopo 3-4 giorni dell'anzidetto soggiorno) giungono nel terreno ben umido, offrono colla verticale un angolo assai minore dell'abituale. Le determinanti autogene del loro orientamento hanno subito rilevanti modificazioni, e il fenomeno può interpretarsi biologicamente come una tendenza delle radici secondarie a

prendere il posto della primaria, che durante il loro iniziarsi non fu in grado di funzionare in via normale.

Sachs riferisce (*l. c., p. 631*) che, recidendo a una pianta di Zea Mays prima della fioritura le radici ad eccezione delle superiori emesse dai nodi, crescono assai vicine all'ortotropismo anche quelle dipartentisi da queste, e se si capovolge la pianta, vi si possono osservare visibilissime curve geotropiche, le quali non avvengono in piante intatte rovesciate.

Nel terminare questa nota accennerò che nelle piante volubili l'attitudine a curvarsi in un piano orizzontale, che ha luogo sotto l'azione unilaterale della gravità (si veda per il moto delle piante volubili L. Jost - *Vorles. über Pflanzenphysiol., Jena, 2.ª ediz., 1908, pag. 542;* in esse entra pure in campo geotropismo negativo), potrebbe offrire qualche analogia coi fenomeni di epi e iponastia; qui l'accrescimento, anzichè al lato superiore o all'inferiore, è maggiore in corrispondenza di un fianco (paranastia; l'induzione sarebbe assai più rapida).

[56]) È noto che la grande maggioranza delle foglie delle Dicotiledoni e di non poche Monocotiledoni tendono a disporsi col lembo normale alle radiazioni luminose (sia anche menzionato, fra altro, che le lamine di talune specie, provviste di pulvini, come nella Robinia Pseudacacia, assumono a luce intensa una posizione di profilo: Pfeffer - *Die periodischen Bewegungen der Blattorgane - Leipzig, 1875, pag. 62*), volgendo a queste una determinata faccia (dorsale). E i movimenti d'orientazione (curvature, torsioni) sono compiuti dai piccioli, quando esistono, o dove passano nel lembo, e se v'ha differenziato un pulvino, in quest'ultimo. In buon numero di specie si è sperimentato che hanno pure luogo oscurando il peziolo (per esempio se robusto con fasciarlo di stagnola, se debole spalmandolo di un miscuglio di vasellina e carbone ottenuto da saccarosio puro, ecc.; un complicato e idoneo metodo è descritto dal Kniep per il picciolo di Tropaeolum minus: *Ueber die Lichtperception der Laubblätter - Biol. Centralbl., 1907, XXVII, p. 104*), il che mostra essere il lembo in grado di percepire la direzione della luce e trasmettere al picciolo particolari impulsi motori (per esempio in Begonia discolor, B. semper-

florens, Glechoma hederacea, Lysimachia Nummularia, Humulus Lupulus, Ostrya carpinifolia, ecc.: si vedano per l'azione orientatrice spiegata dalla lamina H. Vöchting - *Die Lichtstellung der Laubblätter - Bot. Ztg., 1888, p. 519,* il quale faceva agire in senso contrario la luce sul peziolo e sul lembo, col risultato che si mostrò efficace quest' ultima; F. Czapek - *Weitere Biträge zur Kenntniss der geotropischen Reizbewegungen - Jahrb. f. wiss. Bot., 1898, XXXII, p. 275;* e i numerosi lavori indicati nella nota a p. 49). Ulteriori studi mostreranno come è distribuita la sensibilità nel lembo, e potranno chiarire come è regolata la rispondenza del picciolo che si richiede nei vari casi.

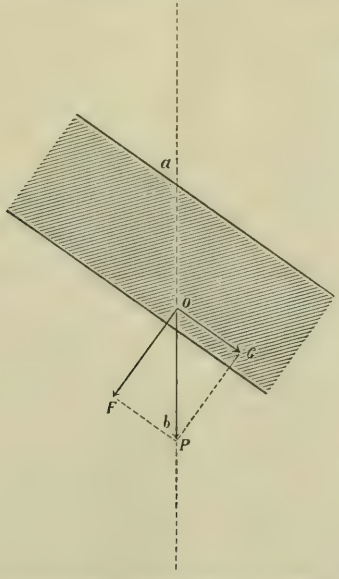
Si sa pure che la lamina fogliare ha in generale attitudini diageotropiche, tendendo a disporre la faccia dorsale in alto, e che lo stimolo della gravità riesce meno energico di quello della luce (non è difficile riscontrarvi tendenze epinastiche: Pfeffer - *Pflanzenphysiol., II, p. 688*).

[77]) Il Fitting (*Untersuchungen über den geotropischen Reizvorgang, I, Jahrb. f. wiss. Bot. 1905, XLI, p. 247*) per determinare la posizione optimum della stimolazione geotropa negli organi parallelotropi, prendendo le mosse dagli autori, fra cui principalmente Czapek, i quali avevano sostenuto trovarsi a 45° sotto l'orizzonte per i negativi e 45° al disopra pei positivi, cioè a 135° dalla stazione normale, sperimentò innanzi tutto di farli ruotare al clinostato con l'asse obliquo di 22° $^1/_2$ rispetto all'orizzonte, per modo che le posizioni più alta e più bassa assunte dagli organi, inclinati sul detto asse di questo stesso angolo, nel compiere la rotazione, sieno l'orizzontale e le inclinazioni ritenute optimum geotropicamente dagli autori di cui sopra (si veda anche a p. 34). Ma osservò sempre curve dirette nel senso indotto dalla gravità nella stazione orizzontale. E lo stesso risultato gli riuscì combinando con questa le inclinazioni di 22°, 11° (che riescono a 112°, 101° dall'ortotropismo), solo, come si poteva prevedere, le inflessioni son più deboli e si iniziano molto più tardi. L'orizzontale appare quindi come la stazione ove lo stimolo geotropico agisce più intensamente. In ricerche col clinostato ad asse orizzontale, mantenendovi inclinati gli organi così da farli passare a 45° sopra e sotto l'orizzonte o divergenti da questo di altro angolo,

non offrono traccia di curve: gli effetti geotropici sono uguali per uguali deviazioni angolari verso l'alto e verso il basso. Combinando insieme inclinazioni differenti ebbe sempre l'incurvamento geotropo nel senso dovuto allo stimolo della stazione più prossima all'orizzontale (si veda anche *l. c., p. 303;* naturalmente l'assimmetria rispetto all'orizzonte non deve essere inferiore a certi limiti); quindi resta dimostrato che la stimolazione va successivamente aumentando se si sposta l'organo dalla stazione verticale normale fino all'orizzontale, ove è massima, e da questa decresce proseguendo verso la stazione verticale inversa (lo stesso si deduce pure dalle esperienze del Fitting indicate a p. 47, anche limitandoci a tener conto del senso nel quale varia il rapporto di cui è questione). Queste esperienze, ripetute pure col clinostato a movimento intermittente anzichè continuo, furono eseguite con molta cura su abbondante e svariato materiale (fusticini, radichette, coleoptili di Graminacee, getti, getti fioriferi, culmi di Graminacee), quindi i risultati possono ritenersi come definitivi per gli organi ortotropi in generale.

Se l'intensità dello stimolo geotropico scema gradatamente oltrepassata la stazione orizzontale, ne viene la conseguenza che nell'orientamento ortotropo inverso deve pure rendersi nulla, per le radici primarie coll'apice verso lo zenith e per l'asse primario del caule coll'apice volto alla terra (il che non vuol dire che nella posizione inversa la gravità non possa esplicare altre azioni irritanti; sappiamo anzi che in queste condizioni ha luogo un rallentamento della crescenza: G. Hering - *Untersuchungen über das Wachsthum inversgestellter Pflanzenorgane - Jahrb. f. wiss. Bot., 1904, XL, p. 499*). Nella pratica si osserva che se gli organi vengono così rovesciati, per lo più si curvano e finiscono coll'orientarsi normalmente, ma ciò è dovuto senza dubbio alle nutazioni, che avvengono per cause interne durante lo sviluppo, e che li fanno deviare nel campo d'azione dello stimolo tropico. Se le nutazioni sono impedite meccanicamente per un certo tempo, e la pianta viene indi sottoposta alla rotazione lenta al clinostato con asse orizzontale, non si avrebbero inflessioni (si veda F. Czapek - *Untersuchungen über Geotropismus - Jahrb. f. wiss. Bot., 1895, XXVII, p. 290*). E si può considerare l'orientamento inverso al normale come rispondente a un equilibrio instabile.

Le variazioni dell'intensità di stimolazione geotropica che abbiamo visto alle varie deviazioni dall'ortotropismo, ricevono la loro naturale interpretazione ammettendo, come pensava Sachs (*Ueber orthotrope und plagiotrope Pflanzentheile - Arb. d. bot. Inst. in Würzburg, II, 1879, p. 239*), che nel parallelotropismo della forza di gravità sia attiva come stimolo solo la componente perpendicolare all'asse dell'organo (il che è in armonia con ambe le ipotesi che si possono fare intorno alla maniera con cui avviene la stimolazione: p. 140). Se orizzontale, riuscirebbe quindi efficace tutta quanta la forza. La misura dello stimolo nelle varie posizioni sarebbe proporzionale ai seni degli angoli di deviazione dalla verticale, come appare dalla figura.



OP forza di gravità agente nel punto *O* di un organo ortotropo, del quale è sezionato un tratto per il lungo; *OG* sua componente parallela all'asse del detto organo, geotropicamente inefficace; *OF* componente normale all'asse, geotropicamente attiva = *OP* sen *b*, e data l'uguaglianza dell'angolo *b* con l'angolo *a*, formato dall'organo colla verticale, = *OP* sen *a*.

Studi del Bach ci confermano in questa concezione. Si è visto (p. 48) che da ricerche del detto autore, il quale faceva agire sulle piante forze centrifughe, che si comportano come stimoli geotropi, risulta essere i tempi di presentazione (p. 34) in ragione inversa delle intensità delle

forze. E sperimentando a diverse inclinazioni di fronte alla gravità (Bach - *l. c., p. 91*) ebbe (pure in fusticini di Vicia Faba) pei detti tempi valori accennanti a una ragione inversa coi seni degli angoli di deviazione dalla verticale, come si vede nella seguente tabella, e gli stimoli attivi sarebbero quindi direttamente proporzionali a questi.

Angoli di deviazione dalla verticale	Seni dei detti angoli di deviazione	Media dei tempi di presentazione agli anzidetti angoli di deviazione	Prodotti dei seni pei tempi di presentazione
90°	1,00	7' $^1/_2$	7,5
60°	0,87	10'	8,7
45°	0,71	11' $^1/_2$	8,2
30°	0,50	14'	7,0
15°	0,26	18'	4,7

E non è da pretendere in generale una minor divergenza nei prodotti, dal momento che i tempi di presentazione non costituiscono grandezze precisabili con molto rigore (si tenga anche presente che le determinazioni non furono effettuate a temperatura costante, ma compresa fra 18° $^1/_2$ e 23°: si veda a p. 48; forte divergenza appare per l'angolo di 15°, che non si osserva nella tabella a p. 47).

Il parallelismo fra questi risultati e quelli ottenuti dallo stesso autore facendo agire forze centrifughe inferiori a 1 g (*l. c., p. 87*), le quali quindi corrispondono ai valori dello stimolo geotropico nelle stazioni inclinate, non si verifica più o meno che entro un limite ristrettissimo, al di sotto del quale i tempi di presentazione per le forze centrifughe crescono in una ragione assai più rapida; e come osserva il Bach (*l. c., p. 94*), si comprende, giacchè nelle esperienze colla forza centrifuga v'ha pure in opposti sensi l' azione della gravità, e per la legge di Weber (p. 39) l' effetto dello stimolo centrifugo deve riuscire indebolito.

Ogni dubbio vien tolto dalle relazioni verificantisi con notevole approssimazione (perchè di dati precisabili con maggior rigore) che abbiam visto a p. 47.

Prima di terminare questa nota ricorderò che Fitting (*l. c.*), il quale si limitava a considerare la proporzionalità fra le stimolazioni geotropiche alle varie inclinazioni e i seni degli angoli di deviamento dalla verticale (in realtà parla della ragione dei seni, anzichè colla stimolazione, coll' eccitamento [Erregung], ma nulla giustifica l' introduzione di questi processi plasmatici, che non variano nella stessa ragione della stimolazione [legge di Weber]), inclina, non in armonia con quanto si espose, a considerare le eccitazioni indotte dalla gravità ad angoli vari, non solo quantitativamente, ma anche qualitativamente differenti, fondandosi fra altro sul fatto (*l. c., p. 325, 328*) che colle stimolazioni alternativamente contrarie nell'orizzontale e all' inclinazione di 45°, che abbiamo visto, se le permanenze nelle due stazioni sono uguali, ha luogo sempre curva tropica (nel senso dell'induzione lungo l'orizzontale), anche se la prova si protrae molte ore (24-36). L' autore pensa che in queste condizioni le somme d'eccitamenti provocate anche da parte della stimolazione minore dovrebbero essere tali da raggiungersi, se di natura non differenti nei due casi, il valore massimo (per l'agente = g), e quindi le due irritazioni opposte si neutralizzerebbero. Ma è da osservare che la neutralizzazione, la quale avrebbe luogo allo stadio di eccitamento (si veda lo Studio d'insieme), senza dubbio si inizia di buon'ora perchè di buon' ora questo trapassa nei fenomeni motori (p. 78); laonde riuscirà solo parziale, colla permanenza di una risultante nel senso dello stimolo più forte, progressivamente crescente, almeno fino ad un certo limite. Inoltre Fitting osserva che esposizioni assai prolungate a lievi angoli dalla verticale nelle quali la curva non viene permessa, inducono sempre, rimosso l' impedimento, inflessioni più deboli rispetto ad uguali durate d' induzione nella posizione orizzontale (*l. c. II, p. 382*). Ma questo è spiegabile dal momento che in quelle stazioni, dato il piccolo stimolo, innanzi di arrivare alla misura massima d'induzione, così da uguagliarsi gli effetti nelle due stazioni, le induzioni prime potrebbero essersi esaurite, rendendosi irragiungibile la misura maximale.

[58]) Dato che esistano organi clinogeotropici propriamente detti, nei quali in vero l' equilibrio tropico corrisponda a una certa inclinazione

rispetto all'agente tropistico (il che non ha luogo pei rami delle piante legnose, e verosimilmente lo stesso può dirsi per gli altri casi di parti di piante oblique di fronte alla gravità: nota [55]), la loro rotazione al clinostato, inclinati sull'asse (orizzontale), dovrebbe provocare curvature fino a disporsi ad esso paralleli, giacchè le stimolazioni contrarie nelle posizioni diametralmente opposte, ad angoli differenti da quella di equilibrio, non avrebbero lo stesso valore, e quindi non sarebbero in grado di compensarsi. (Se l'inclinazione clinogeotropica sull'orizzonte è inferiore a quella delle posizioni estreme in alto e in basso assunte nella rotazione, le stimolazioni lungo l'arco minore descritto fra le due stazioni corrispondenti al clinogeotropismo cospirerebbero evidentemente con gli stimoli, i più intensi, lungo la metà opposta della rotazione. In riguardo alla capacità di sommazione degli stimoli agenti periodicamente nello stesso senso col volgere della rotazione si veda a p. 34).

[59]) Gli studi relativi alla stimolazione su opposti lati in viticchi sono consegnati nella memoria di Fitting: *Untersuchungen über den Haptotropismus der Ranken - Jahrb. f. wiss. Bot., 1903, XXXVIII, p. 557, 582.* Si veda anche a p. 122 (il comportamento ivi indicato anche pei cirri anisotropi inclinerebbe a pensare che in origine questi ultimi fossero più o meno isotropi; in seguito la struttura motrice si sarebbe specializzata, così da permettere il moto esclusivamente o assai meglio verso il lato ventrale).

[60]) In appoggio alle vedute che fenomeni d'eccitazione continuino ad essere attivi come determinanti dei motori, almeno per un certo tempo, oltre il comportamento indicato dei cirri, possono citarsi ricerche di Correns, già accennate a p. 95, sugli effetti di una considerevole sottrazione dell'ossigeno in riguardo a rispondenze tropistiche. Piantine di Sinapis richiedono almeno il 6 % della quantità normale del detto gas per reagire eliotropicamente, mentre per il geotropismo e anche solo per la crescenza basta una porzione ancor minore, il che, compiendosi ambe le curve tropistiche con fenomeni d'accrescimento, accennerebbe che il tenore eliotropico un po' più elevato in ossigeno è richiesto da

fenomeni d'eccitazione e non dai motori. E la concezione di cui sopra permette renderci conto del risultato ottenuto dall'autore esponendo le piantine all'azione unilaterale della luce in aria normale fino ad aversi una curva eliotropica chiaramente percettibile, la quale non progredisce (o in maniera quasi insensibile) portandole in ambiente scuro con solo il 4 % di ossigeno, mentre nell'aria ordinaria, come è noto, seguirebbe per qualche tempo.

[61]) È stato riconosciuto da Fitting (*Untersuchungen über den geotropischen Reizvorgang, I, II - Jahrb. f. wiss. Bot., 1905, XLI, p. 249, 263, 268, 318, 378;* si veda anche a p. 35) che stimolazioni geotropiche in organi parallelotropi per la stessa durata lungo l'orizzontale e all'inclinazione di 45°, si traducono in curvature ugualmente forti, quantunque se agiscono ad intermittenza in opposti sensi non neutralizzano mai i loro effetti, e si osserva una curva notevole nel senso dell'induzione lungo l'orizzontale.

Come si spiega l'uguaglianza delle reazioni? Per stimolazioni di notevole durata certamente raggiungono il massimo valore possibile (almeno per la forza agente = g) anche nella stazione a 45° (il che non avverrebbe ancora per l'eccitamento); ma questo non deve verificarsi quando agiscono solo 10-25 minuti (*l. c., p. 321*), e si può pensare che, pur al disotto del maggior valore della reazione, essa resta sensibilmente la stessa per eccitazioni che non differiscono considerevolmente (le stimolazioni lungo l'orizzontale e a 45° sarebbero nel rapporto 1 : 0,71 : p. 166).

[62]) Riguardo all'andamento della crescenza in organi fatti ruotare al clinostato, paralleli all'asse orizzontale, nei nodi caulinari di Tradescantia fluminensis (H. Luxburg - *Untersuchungen über den Wachsthumsverlauf bei der geotropistischen Bewegung - Jahrb. f. wiss. Bot., 1905, XLI, p. 437*), come pure in quelli di Graminacee (F. Elfving - *Ueber das Verhalten der Grasknoten am Klinostat - Oefvers. af Finska Vetensk. - Soc. Förhandl., 1883-84, XXVI, p. 108;* R. Barth - *Die geotropischen Wachsthumskrümmungen der Knoten, Leipzig, 1894, p. 32*), fu riscon-

trato in queste condizioni accelerazione o addirittura ripresa della crescenza esaurita; e le curve geotropiche avvengono appunto nelle dette specie con intensificarsi dell'accrescimento, non solo al lato convesso, ma pure lungo la linea media fra desso e il concavo, o col suo ridestarsi. Ma a confermarci nell' opinione di non considerare questi fenomeni al clinostato come risultanti dalla combinazione di processi reattivi dovuti alle stimolazioni tropiche che hanno luogo in opposti sensi (p. 34), sta il fatto che in altri casi non si verificano, come nei nodi di Tradescantia virginica e di Galium rubioides, nei quali, pur compiendosi l' erezione geotropica con notevole accelerazione della crescenza lungo l' anzidetta linea media, non ha luogo acceleramento al clinostato (Luxburg - *l. c., p. 439;* nella Tradescantia fluminensis questo è più forte che nelle inflessioni geotrope). E così pure non varia ivi la misura della crescenza rispetto a quanto avviene nella stazione normale in numerosi altri casi, come risulta dalle osservazioni di Schwarz (*Der Einfluss der Schwerkraft auf das Längenwachsthum der Pflanzen - Unters. a. d. bot. Inst. z. Tübingen, I, 1881, p. 72*) su radicule di Vicia Faba, Pisum sativum, fusticini di Lupinus luteus, Cucurbita Pepo; di Elfving (*Beitrag zur Kenntniss der physiologischen Einwirkung der Schwerkraft auf die Pflanzen, 1880, p. 29 - Estr. d. Acta Soc. Scient. Fenn., XII)* su radichette di Pisum sativum; di Hering (*Untersuchungen über das Wachsthum inversgestellter Pflanzenorgane - Jahrb. f. wiss. Bot., 1904, XL, p. 561*) su piantine di Graminacee; e ancora di Elfving (*l. c., p. 18*) sui peduncoli sporangiferi di Phycomyces nitens. Devesi però osservare che per poterci servire con sicurezza anche di questi risultati sarebbe necessario aver riconosciuto che nelle dette specie in curve geotropiche la crescenza si modifica anche lungo la linea media fra il lato convesso e il concavo (l' accelerazione presso l' uno e il ritardo presso l' altro potrebbero compensarsi), mentre non furono studiate sotto questo punto di vista; solo nelle radichette di Vicia Faba è stato osservato ivi da Sachs (*Ueber das Wachsthum der Haupt- und Nebenwurzeln - Arb. d. bot. Inst. in Würzburg, I, 1873, p. 463*) rallentamento, mentre da Luxburg (*l. c., p. 410*), su due esemplari studiati, in uno accelerazione, e in altro non divergenza da individuo orientato normalmente.

La stessa opinione che non si sommano processi reattivi tropistici al clinostato, ma entra in campo solo l'influenza di nuove relazioni colla gravità sulle condizioni generali degli organi, si può sostenere anche a proposito di pulvini motori, quantunque in essi al clinostato si verifichi aumento complessivo nel turgore (K. Kerstan - *Ueber den Einfluss des geotropischen und heliotropischen Reizes auf den Turgordruck in den Geweben - Beitr. z. Biol. d. Pflanzen, IX, 1907, p. 196, 203*), e nelle curve geotropiche in media questo si elevi, perchè la diminuzione verso il lato concavo è minore dell'incremento verso il convesso (p. 92). Si ponga mente che può aversi al clinostato una distribuzione molto particolare del turgore nella sezione trasversale, ad esempio nel Phaseolus multiflorus è centrica, e cresce dall'esterno verso l'interno. (Anche in nodi di Graminacee si dà aumento della pressione osmotica al clinostato: Kerstan - *l. c., p. 183;* p. 79).

[63]) Per la distribuzione della sensibilità nei tropismi di fronte alla regione motrice, si rimanda alla recente pubblicazione di Fitting *Die Reizleitungsvorgänge bei den Pflanzen, Wiesbaden, 1907, p. 23,* ove sono riuniti i dati che possediamo sull'argomento. Si consultino ancora i lavori posteriori: F. Darwin - *On the Localisation of Geo-perception in the Cotyledon of Sorghum - Wiesner-Festschrift, Wien, 1908, p. 125;* G. Haberlandt - *Ueber die Verteilung der geotropischen Sensibilität in der Wurzel - Jahrb. f. wiss. Bot., 1908, XLV, p. 575.*

[64]) Come si accennò, nell'eliotropismo di organi epigei, ove la regione motrice offre una certa estensione, si può constatare facilmente il propagarsi dell'eccitamento in senso basipeto, non lasciando esposto alla luce che la porzione apicale; e questo tanto nei casi più frequenti (almeno per piantine) in cui la sensibilità è più accentuata presso l'apice (o esclusiva ad esso), come quando non v'ha differenza sotto questo punto di vista colla regione successiva (si vedano le classiche ricerche del Rothert: *Ueber Heliotropismus - Beitr. z. Biol. d. Pflanzen, VII, 1894, p. 1*).

Il caso di più rapido propagamento d'eccitazione tropistica in senso

longitudinale fu riconosciuto da Rothert (*l. c., p. 137*) nello scapo fiorifero della Brodiaea congesta, non esponendo alla luce che il tratto apicale (per circa 2 cm): dopo 3 ore la curva giungeva a non meno di 5-6 $^1/_2$ cm di distanza.

[65]) Le ricerche di Fitting sulla conduzione dell'eccitamento eliotropico in coleoptili di Avena (costituenti cilindri cavi, a pareti abbastanza sottili; la foglia inclusa resta passiva nella curvatura), al di là di tagli traversali, sono consegnate nel lavoro *Die Leitung tropistischer Reize in parallelotroper Pflanzenteilen - Jahrb. f. wiss. Bot., 1907, XLIV, p. 187.* L'incisione può essere praticata con lo stesso risultato anche lateralmente, e non impediscono nemmeno il trasmettersi del movimento eliotropico due tagli trasversali contrari (alla distanza di circa 1 mm), orientati comunque.

Quelle dello stesso genere per il traumotropismo, come è stato accennato, sono dovute a Pollock (*The mechanism of root curvature - Bot. Gazette, 1900, XXIX, p. 17*) e a Fitting (*l. c., p. 231*).

Nelle esperienze del Pollock, sulle radichette di Vicia Faba, si ebbero i risultati più decisivi operando il taglio dalla parte opposta all'ustionamento apicale (unilaterale) che dà luogo alla stimolazione traumotropica. L'incisione, profonda da recidere più o meno completamente il cilindro centrale, aveva luogo alla distanza di 2-3 o anche 3-4 mm dall'apice. E nel 50 % circa delle radici si ebbero curve traumotrope (al disopra e al disotto dell'incisione) dovute alla bruciatura (p. 136). All'incirca la stessa proporzione di radici inflesse risultò col taglio dallo stesso lato di questa, ma dal momento che nella maggior parte dei casi non è precisata la distanza della ferita dall'apice (negli altri è a 2 mm o 2-3 mm da esso), potrebbe sorgere il dubbio v'abbia contribuito una azione traumotropa della ferita stessa.

Il Fitting istituì ricerche sulle radichette di Vicia Faba, Phaseolus multiflorus, Lupinus albus, operando le incisioni, le quali giungono a metà della sezione, per la prima specie a 2-3 mm dall'apice, per le altre a 1-2 mm. Dopo 4-5 ore il 40 % circa degli esemplari offriva curve (traumotropiche) per effetto di questi tagli; e ustionando allora

all'apice dalla stessa parte della ferita, il numero delle inflessioni (ben inteso si considerano al di là di questa) andò in seguito notevolmente crescendo (fino al 60-80 %), mentre radici di controllo non ustionate vanno ritendendosi in pari tempo (solo in Phaseolus la percentuale delle curvature crebbe, rimanendo però del 30 % più bassa che non nelle radici incise); il che mostra lo stimolo traumotropico apicale potè agire normalmente al di là della ferita. Se l'ustione è opposta al taglio, trascorso lo stesso tempo, osservò per la Vicia Faba il 30 % delle radichette curvate nel senso dovuto a questa; nel Phaseolus non inflessioni, mentre si è accennato che senza la seconda azione crescerebbero di numero quelle determinate dalla ferita; assai poche si danno nel caso del Lupinus. L'autore non potè constatare traumotropismo in seguito ad ustione se i tagli sono due in opposti sensi, ma questo risultato negativo si spiega con perturbazioni che vengono all'organo da tali traumi, almeno per un certo tempo.

Complessivamente le ricerche accennano che in tutti i casi studiati, il senso della reazione non è modificato da una soluzione di continuità nei tessuti, sia dal lato stimolato, sia dall' opposto.

[66]) Sia anche indicato che, secondo le ricerche di Newcombe (*The sonsory zone of roots - Annals of Botany, 1902, XVI, p. 433*), radichette offrono ancora sensibilità reotropica in tratti situati al disopra della zona in via di crescenza, a 10 mm, e parrebbe in certi casi (Raphanus sativus) anche più da questa; e sarebbero in grado di trasmettere ad essa, che sola si curva, l'eccitazione motrice. Similmente, secondo W. Polowzow (*Experimentelle Untersuchungen über die Reizerscheinungen der Pflanzen -Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch., 1908, p. 60*), in fusticini potrebbe aversi sensibilità chimotropica in regione a crescenza già esaurita.

[67]) A proposito dei tortismi si veda S. Schwendener e G. Krabbe - *Untersuchungen uber die Orientirungstorsionen der Blätter und Blüthen, Berlin, 1892 - Estr. d. Abhandl. d. Akad. d. Wissensch. z. Berlin.*

[68]) Per l'eliotassia delle zoospore verdi (che del resto, come è noto,

si riscontra in moltissimi microrganismi verdi e persino in talune forme senza clorofilla) si consulti E. Strasburger - *Wirkung des Lichtes und der Wärme auf Schwärmsporen, Jena* (*pubbl. in Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss., 1878, XII, p. 551*). Devesi però aggiungere che i risultati di una inversione della tassia positiva in negativa, quando la goccia (pendente) che si osserva al microscopio, contenente le zoospore, viene avvicinata alla finestra da cui proviene la luce, riescono un po' scossi (il che non può dirsi per altri casi di fototassia negativa) dalle ricerche di Chmielevsky (*Ueber Phototaxis und die physikalischen Eigenschaften der Kulturtropfen - Beih. z. bot. Centralbl., 1904, XVI, p. 53*), il quale mostrò collo studio del percorso dei raggi e servendosi di prove fotografiche, che in queste condizioni la parte della goccia più illuminata trovasi precisamente volta all'interno della stanza, a causa della riflessione che subiscono le radiazioni (provenienti dall'alto) dopo aver attraversato il liquido, giungendo alla superficie curva di confine coll'aria, le quali vanno concentrandosi dalla detta banda. L'autore è quindi indotto a far rientrare questi casi di fototassia negativa nella positiva. Ciò però presupporrebbe che nella stimolazione fototattica non entri in giuoco la direzione della luce, la quale, pur concentrandosi, va sempre verso l'interno della stanza. Se il preparato sta lontano dalla finestra, la differenza nella chiarezza riesce molto minore.

Ad ogni modo è indubitato che le dette gocce a superficie curva non offrono condizioni favorevoli allo studio dei fenomeni eliotattici (lo stesso potrebbe dirsi anche per gocce non pendenti).

[69]) Accenniamo i varî casi conosciuti di chimotassie topiche positive, cominciando dagli spermatozoidi dei Pteridofiti, che furono i meglio studiati. Su di essi agiscono i sali neutri dell'acido malico, come sarebbero quelli di K e di Na, con la soglia d'eccitazione (ci riferiamo al tenore nel capillare) in 0,0001-0,00005 Mole (0,000075 Mole corrisponde al tenore in acido malico 1:100.000; i più sensibil sono quelli di Isoëtes, nei quali la soglia è 0,00005 Mole). L'acido malico libero, positivo a debolissima, riesce già repellente a debole concentrazione. (Per le Felci si veda Pfeffer - *Locomotorische Richtungsbewegungen durch chemische*

Reize - Unters. a. d. bot. Inst. z. Tübingen, I, 1884, p. 367 e C. Voegler *- Beiträge zur Kenntniss der Reizerscheinungen - Bot. Ztg., 1891, p. 658;* per le Idropteridi K. Shibata *- Studien über die Chemotaxis der Salvinia-Spermatozoiden - Bot. Magaz., Tokyo, 1905, p. 39;* per gli Equiseti Shibata *- Ueber die Chemotaxis der Spermatozoiden von Equisetum - Idem, p. 79* e B. Lidforss *- Ueber die Chemotaxis der Equisetum-Spermatozoiden - Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch., 1905, p. 314;* per le Lycopodine Pfeffer aveva già mostrato attivi i malati nelle Selaginelle: *l. c., p. 422,* e il Shibata mise in evidenza il fenomeno per gli Isoëtes: *Studien über die Chemotaxis der Isoëtes-Spermatozoiden - Jahrb. f. wiss. Bot., 1905, XLI, p. 566;* non reagirebbero gli spermatozoidi di Marsilia: Pfeffer *- l. c., p. 428).* Gli spermatozoidi dei varî gruppi in cui i Pteridofiti si distinguono, sarebbero caratterizzati dal comportamento verso i sali degli acidi, stereoisomeri tra di loro, maleico e fumarico, che, come è noto, si ottengono dal malico per sottrazione di una molecola d'acqua, essendo però la soglia d'eccitazione in generale assai più elevata che non per quest'ultimo. Gli elementi maschili degli Equiseti non vengono adescati da alcuno dei due (Shibata *- l. c. in Bot. Magaz., p. 80, 126),* quelli delle Felci (Pfeffer *- l. c., p. 382*) e delle Idropteridi (Salvinia: Shibata *- l. c., p. 40*) dal maleico, quelli delle Lycopodine (Isoëtes) dal fumarico (Shibata *- l. c. in Jahrb., p. 570, 603).* Inoltre sugli spermatozoidi di Pteridofiti possono agire anche altri sali organici, come tartrati, succinati (Buller *- Contributions to our knowledge of the physiology of the spermatozoa of ferns - Annals of Botany, 1900, XIV, p. 543;* Shibata *- l. c. in Jahrb., p. 569,* e *in Bot. Magaz., p. 41*). In tutti questi casi è al radicale acido delle molecole che devonsi le qualità chimotattiche, come pure nelle attrazioni esercitate sugli spermatozoidi delle Felci da fosfati e solfati, scoperte da Buller (*l. c.*)

Però si conoscono anche numerose azioni positive nelle quali entra in giuoco il metallo, anch'esse meno energiche di quelle dovute ai malati, che si riconobbero sperimentando con svariati sali minerali (nei composti che abbiamo considerato innanzi potrebbe agire l'anione delle molecole dissociate in soluzione, in questi il catione; riguardo all'applicazione della legge di Weber per riconoscere identità o diversità nella

percezione dello stimolo si veda a p. 94). Gli spermatozoidi delle Felci vengono adescati da sali di K e Rb (Buller - *l. c.*); quelli delle Idropteridi (Salvinia) da sali di Ca e Sr (Shibata - *l. c. in Bot. Magaz., p. 41*); quelli degli Equiseti da sali di un numero notevole di metalli, Li, Na, Cu, Be, Mg, Zn, Cd, e la chimotassia riesce assai accentuata verso i sali dei metalli alcalino-terrosi (soglia d'eccitazione per $Ca\,Cl_2$, 0,0002 Mole: Shibata - *l. c., p. 80*). Invece gli spermatozoidi di Lycopodine (Isoëtes), all'infuori dei sali dell'acido malico, del fumarico e di qualche altro organico, non sono richiamati da sali metallici (Shibata - *l. c. in Jahrb., p. 568*). Su quelli degli Equiseti agiscono positivamente acidi liberi minerali assai diluiti, e solo per tenori più forti respingono (Shibata - *l. c. in Bot. Magaz., p. 128*) In questi ultimi elementi maschili Shibata scoperse una singolare sensibilità positiva ad alcaloidi (loro sali), come stricnina, atropina, cocaina, morfina, ecc. (*l. c., p. 129*).

E veniamo agli spermatozoidi dei Briofiti, sui quali, a differenza dei Pteridofiti, agiscono composti non di tipo salino. Per quelli dei Muschi, che vengono attratti da saccarosio, si veda Pfeffer - *l. c., p. 430* (sperimentò specialmente sulla Funaria hygrometrica, ma ebbe l'attrazione anche per Leptobryum pyriforme e Brachythecium rivulare). Il limite inferiore d'azione corrisponde a 0,00003 Mole (1 : 100.000). E non ottenne risultati con alcuna delle altre sostanze provate. (Il saccarosio non spiegherebbe azione sugli spermatozoidi degli Sfagni: Pfeffer - *Ueber chemotaktische Bewegungen von Bakterien, Flagellaten und Volvocineen - Unters. a. d. bot. Inst. z. Tübingen, II, 1888, p. 655*). Lidforss (*Ueber die Reizbewegungen der Marchantia-Spermatozoiden - Jahrb. f. wiss. Bot., 1905, XLI, p. 65*) scoperse recentemente la chimotassia degli spermatozoidi di Marchantia polymorpha. Li richiamano sostanze proteiche, come diastasi, albumina del bianco d'uovo (ambedue con la soglia d'eccitazione all'1 per 200.000), emoglobina, legumina, ecc. Altri composti sperimentati riescono inefficaci.

Sono pure topochimotattiche le zoospore di Saprolegnia, come si può dimostrare offrendo alla goccia che le contiene un capillare con alquanto estratto di carne in soluzione (W. Rothert - *Beobachtungen und Betrachtungen über tactische Reizerscheinungen - Flora, 1901, LXXXVIII, p. 372, 388*).

Lo stesso dicasi per Flagellati, come Bodo saltans, Trepomonas agilis, Hexamitus rostratus (Rothert - *l. c., p. 388;* Pfeffer - *Pflanzenphysiol., II, p. 804)*, i quali reagiscono essenzialmente alle stesse sostanze che richiamano i Bacteri (l'accumulo di questi ultimi però è ottenuto con fobismi). Per notizie intorno ai composti che li attraggono si veda Pfeffer - *l. c. 1888, p. 598,* ove trovansi pure indicazioni su Volvocinee; inoltre si consulti Th. Frank - *Cultur und chemische Reizerscheinungen der Chlamydomonas tingens - Bot. Ztg., 1904, p. 174.*

Anche il richiamo dovuto ad ossigeno (aerotassia) che fu riscontrato in Flagellati e nel Chlamydomonas (Th. W. Engelmann - *Zur Biologie der Schizomyceten - Pflüger's Archiv f. d. gesammt. Physiol., 1881, XXVI, p. 543;* R. Aderhold - *Beitrag zur Kenntniss richtender Kräfte bei der Bewegungen niederer Organismen - Jen. Ztschr. f. Naturwiss., 1888, XXII, p. 314;* P. Jensen - *Ueber den Geotropismus niederer Organismen - Pflüger's Arch. ecc., 1893, LIII, p. 449, 453)*, verosimilmente, almeno in certi casi, è di natura topica. (Si riconobbe inoltre in talune specie protassia verso anidride carbonica: Th. Frank - *l. c., p. 179, 185*). E sia qui menzionato che aerotassia non molto forte descrisse Lidforss negli spermatozoidi di Marchantia, senza poter stabilire sicuramente se trattasi di fobismo o di topotassia (*l. c., p. 85*); e che ignoriamo se, assai debole, si abbia pure negli spermatozoidi delle Felci (Pfeffer - *l. c. 1884, p. 372*). Secondo Rothert mancherebbe alle zoospore di Saprolegnia (*Die Entwickelung der Sporangien bei den Saprolegniaceen - Beitr. z. Biol. d. Pflanzen, V, 1890, p. 341).*

Senza dubbio deve considerarsi come di natura topica la chimotassia (inclusa aerotassia) indicata in Diatomee incolore (S. Provazek - *Synedra hyalina, eine apochlorotische Bacillarie - Oesterr. bot. Ztschr., 1900, p. 69;* W. Benecke - *Ueber farblose Diatomeen der Kieler Föhrde - Jahrb. f. wiss. Bot., 1900, XXXV, p. 554*).

[70]) La maniera (fobotattica) con cui è ottenuto l'accumulo dei Bacteri per opera di composti chimici fu scoperta dal Rothert (*Beobachtungen und Betrachtungen über tactische Reizerscheinungen - Flora, 1901, LXXXVIII, p. 388;* si veda anche Jennings e Crosby a p. 179) seguendo al micro-

scopio il modo di comportarsi del Bacillus Solmsii, un grosso Bacterio a moto relativamente lento; e allo stesso modo si comportarono altre specie studiate. In quanto a forme piccolissime e con movimenti assai vivaci, come il Bacterium Termo, non è possibile un' osservazione diretta prolungata di singoli individui; ma l' accumulo innanzi al capillare, correndo i Bacteri in tutti i sensi, il quale precede sempre il loro raccogliersi entro il tubetto, non lascia alcun dubbio che anche per essi è in giuoco un fobismo. Come è noto, nelle classiche ricerche di Pfeffer (*Ueber chemotaktische Bewegungen von Bacterien, Flagellaten und Volvocineen - Unters. a. d. bot. Inst. z. Tübingen, 1888, II, p. 582*) istituite sopra un certo numero di specie, vengono richiamati in generale energicamente da sali di K (soglia d' eccitazione nel Bacterium Termo per K_3PO_4, considerando, ben inteso, il contenuto nel capillare, inferiore a 0,00008 Mole, che equivale all' 1 : 100.000 in potassio) e in minor misura dai sali neutri di altri metalli alcalini ed alcalino-terrosi (dagli studi recenti di Kniep si ricava che l' azione chimotattica può essere anche in rapporto col radicale acido [con l' anione?] della molecola salina: H. Kniep - *Untersuchungen über die Chemotaxis von Bakterien - Jahrb. f. wiss. Bot., 1906, XLIII, p. 215;* in questo lavoro si troveranno indicazioni sulla natura relativa della sensibilità a sostanze diverse: p. 94); fra i composti non dissociabili allo stato di soluzione agiscono fortemente in senso positivo il peptone (soglia d' eccitazione per il Bacterium Termo 1 : 100.000; anche estratto di carne opera in ugual modo), l' asparagina, quest' ultima specialmente in una specie di Bacillus studiata da Kniep (nel quale assume pure il limite inferiore di 0,00008 Mole, corrispondente ancora a 1 per 100.000: *l. c., p. 237*). Gli idrati di carbonio, ad eccezione della destrina per il Bacterium Termo, costituiscono deboli chimotattici; la glicerina è inattiva, ecc. (si veda anche a p. 105).

Si è già accennato che Flagellati, irritabili in generale di fronte alle stesse sostanze attive sui Bacteri, rispondono ad esse con reazione topotattica (p. 177); però secondo Jennings gli accumuli del Chilomonas Paramecium dovuti ad acidi organici molto diluiti (acetico, lattico, butirrico; anche loro sali possono dar luogo a questo effetto), contrariamente all'opinione di Garrey, sono ottenuti mediante fobismi (H. S. Jennings

- *Studies on Reactions to Stimuli in Unicellular Organisms, VI, Amer. Journ. of Physiol., 1900, III, p. 397;* W. E. Garrey - *The Effects of Ions upon Flagellated Infusoria - Idem, p. 297, 306*).

Le zoospore dei Myxomiceti, come Aethalium, Stemonitis, ecc., sono raccolte con fobismi da acidi assai diluiti, minerali ed organici (S. Kusano - *Phobo-chemotaxis of the Swarmspores of Myxomycetes - Bot. Magaz., Tokyo, 1907, p. 143*), i quali, più concentrati (e lo stesso dicasi per il Chilomonas di cui sopra), danno luogo a tassia negativa. (Con un metodo alquanto differente da quello seguito dagli altri autori, determinò la soglia d'eccitazione per l'acido solforico in 0,00005 Mole, per l'acido cloridrico in 0,0001 Mole, che equivalgono rispettivamente a 1:200.000, 1:275.000).

Anche la chimotassia (aerotassia) verso ossigeno dei Bacteri è di natura fobica (si veda Rothert - *l. c., p. 390* e specialmente Jennings e Crosby, i quali pubblicarono il resoconto dei loro studi poco dopo Rothert: *Studies on Reactions ecc., VII - Amer. Journ., ecc., 1901, VI, p. 33.* Per notizie particolareggiate sulle esperienze di aerotassia dei Bacteri si possono consultare i lavori di Th. W. Engelmann: *Neue Methode zur Untersuchungen der Sauerstoffausscheidung pflanzlichen und thierischer Organismen - Pflüger's Archiv f. d. gesammt. Physiol., 1881, XXV, p. 285; Zur Biologie der Schizomyceten - Idem, 1881, XXVI, p. 537; Die Erscheinungsweise der Sauerstoffausscheidung chromophyllhaltiger Zellen im Licht bei Anwendung der Bacterienmethode - Idem, 1894, LVII, p. 375*; si danno in certi casi sensibilità estremamente squisite all'ossigeno). In riguardo ad aerotassia verso altri gas accennerò che l'acido solfidrico esercita una azione positiva sui Bacteri sulfurei rossi secondo Miyoshi (*Studien über die Schwefelrasenbildung und die Schwefelbakterien, ecc. - Journ. Coll. Sci. Univ. Tokyo, 1897, X, p. 160*).

[71]) Sul fatto che gli spermatozoidi dei Pteridofiti, i quali, adunati dal chimotattico in un capillare, sono impediti di sfuggirne con fobismi, si vedano lavori già citati nella nota [69]) di Pfeffer (*1884, p. 376, 378*) e Shibata (*in Jahrb., p. 567 e Bot. Mag., p. 129*).

[72]) Sui fotofobismi dei Bacteri purpurei si consulti Th. W. Engelmann - *Bacterium photometricum - Pflüger's Archiv. f. d. gesammt. Physiol., 1883, XXX, p. 110; Die Purpurbacterien und ihre Beziehungen zum Licht - Bot. Ztg., 1888, p. 665.* Per l'Euglena, la quale risponde con modalità più o meno differenti: Engelmann - *Ueber Licht- und Farbenperception bei niederster Organismen - Pflüger's Archiv, ecc., 1882, XXIX, p. 395;* H. S. Jennings - *Behavior of the lower Organisms - New York, 1906, p. 134* (si veda la nota [73]); secondo lo Jennings l'orientarsi del moto dell'Euglena parallelamente alle radiazioni sarebbe ottenuto in definitiva a mezzo di reazioni fobiche, e utilissimi riusciranno studi a questo proposito su altri microorganismi e zoospore). Senza dubbio anche in zoospore si danno fotofobismi; al fatto che zoospore, per esempio di Haematococcus, contenute in recipiente ricoperto parzialmente da tavoletta opaca, non giungono sotto quest'ultima, e possono accumularsi al confine dell'ombra che proietta (E. Strasburger - *Wirkung des Lichtes und der Wärme auf Schwärmsporen, Jena - Pubblic. in Jen. Zeitschr. f. Naturwiss., 1878, XII, p. 582*) concorrono certamente fobismi (si consulti anche *l. c., p. 575*).

Si è già accennato che la reazione fobica ottiensi con improvvisa diminuzione della luce od oscuramento. (Secondo Jennings però l'Euglena reagirebbe pure nello stesso modo a illuminazione più intensa: *l. c., p. 140*).

[73]) Per le modalità della reazione chimofobotattica si consulti, relativamente ai Bacteri Rothert - l. c., a p. 177. (Nel Bacillus Solmsii e nell'Amylobacter ricordati, i cigli sono distribuiti uniformemente su tutto il corpo), e agli spermatozoidi, nei quali il rinculo è solo transitorio o addirittura non avvertibile, e tosto ha luogo il rivolgimento del corpo, K. Shibata - *Studien über die Chemotaxis der Isoëtes - Spermatozoiden - Jahrb. f. wiss. Bot., 1905, XLI, p. 608.* Per i fotofobismi si vedano i lavori di Engelmann indicati nella nota precedente (per lo più i Bacteri purpurei di cui è quistione hanno un unico ciglio all'estremità anteriore; raramente parecchi al detto polo).

In quanto a una certa deviazione angolare del cammino dei microorganismi che risulta d'ordinario nelle fobotassie, nel Chilomonas Paramecium e nell'Euglena ha luogo sempre nel medesimo senso, determinato dalla struttura di questi Flagellati (a somiglianza di quanto avviene negli Infusori); e sia ricordato che in essi anzi molte volte (sarebbe il caso più frequente per l'Euglena secondo Jennings) nella rispondenza fobica non osservasi inversione del moto, ma solo arresto o rallentamento momentaneo (Jennings - *Studies on Reactions to stimuli in Unicellular Organisms, V - Amer. Journ of Physiol., 1900, III, p. 232; Behavior etc. cit. in nota* [72]*), p. 111, 112.* Nel movimento abituale dei due Flagellati, più o meno spirale, un po' di deviazione come sopra avrebbe continuamente luogo).

[74]) Sulla natura fobica delle chimotassie negative, per gli spermatozoidi, nei quali le positive sono di natura topica, si veda degli studi menzionati nella nota [69]): Shibata - *in Jahrb., p. 609 e Bot. Magaz., p. 129;* Lidforss, *p. 82;* e pei Bacteri, nei quali gli accumuli sono pure ottenuti con fobismi, dei lavori indicati nella nota [70]): Rothert, *p. 394;* Jennings e Crosby, *p. 35.* Che si tratti di reazione fobica nell'osmotassia era già stato osservato da Massart: *Sensibilité et adaptation des organismes à la concentration des solutions salines - Archiv. d. Biol. di Van Bambeke, 1889, IX, p. 559.*

[75]) Per l'osmotassia (negativa) in Bacteri, Flagellati (non in tutti), si consulti lo studio di Massart ricordato nella nota precedente (è verosimile si dieno anche casi di osmotassia positiva in microorganismi marini: Massart - *Recherches sur les organismes inférieurs - Bull. d. l'Acad. d. Scienc. d. Belgique, 3.ª ser., 1891, XXII, p. 148*). Mancherebbe a tutti quanti gli spermatozoidi (le citazioni, come avverrà per l'intera nota, si riferiscono alle [69]) e [70]): Shibata - *in Jahrb., p. 588 e Bot. Magaz., p. 129;* Pfeffer, *1884, p. 432, 435;* Lidforss, *p. 81*).

Fra le sostanze che respingono microorganismi (il mezzo migliore per riconoscere se un dato composto provoca ripulsione è di mescolarlo nel capillare a un prochimotattico, ed osservare il loro comportarsi) indipen-

dentemente dalla facoltà di sottrarre acqua al protoplasto, quindi per qualità chimiche, ed essendo anche molto diluite, ricorderemo in prima alcali ed acidi, come è stato stabilito da numerose osservazioni in studi già ricordati. (Però riguardo agli acidi si incontrano eccezioni. La più notevole è data dalle zoospore dei Myxomiceti, le quali anzi, secondo le ricerche di Kusano [p. 179] rispondono positivamente solo a composti acidi; e devesi pensare che le attitudini chimotattiche derivano dalla presenza dell'elemento specifico H [ione?], che nella molecola sta di fronte al radicale acido. In quanto agli spermatozoidi degli Equiseti che, come si è accennato (p. 176), sono anche protattici verso acidi [diluitissimi] in relazione colla sensibilità a sali di un buon numero di metalli, dobbiamo senza dubbio attribuirlo senz'altro al carattere fino ad un certo punto metallico dell'H. Al contrario l'irritabilità positiva degli spermatozoidi dei Pteridofiti verso l'acido malico assai diluito [p. 174] riposa sul radicale acido, e l'azione emanante dall' H, di natura negativa, verrebbe a predominare oltre un certo tenore, fino al quale riusciva vinta dall' influenza del gruppo acido. Per protassia verso acidi si consulti ancora Th. Frank, *p. 178, 184*).

Possiamo ancora citare fra le sostanze apochimotattiche per Bacteri l'alcool (Pfeffer, *1888, p. 626*), cianuri (Massart, *1889, p. 525*).

Fu studiata da Shibata (*l. c.*) l'azione repellente dei sali di metalli pesanti sugli spermatozoidi di Pteridofiti. Per quelli di Isoëtes possono riuscire attivi già a diluizioni estreme (il capillare contiene inoltre 0,001 Mole di malato neutro di sodio; p. 174): i più energici si addimostrano i sali di Ag (con $AgNO_3$ apotassia assai debole già a 0,000.001 Mole, equivalente a meno di 1 : 5. 000.000, e decisa a 0,00001 Mole) e di Hg (per $Hg(NO_3)_2$ rispettivamente come sopra a 0,00001 Mole, che risponde a 1:300.000, e 0,00002 Mole); e vengono in seguito nell' ordine decrescente di efficacia quelli di Cu, Zn, indi di Ni, Co, Fe, Mn, ai quali ultimi compete lo stesso potere ripulsivo. Notevole è il fatto che, secondo Shibata, il grado d' azione apotattica è commisurato al potere tossico. Gli elementi maschili degli Equisetum sono respinti dai sali di Ag, Au, Hg, e si noti che agiscono nello stesso senso anche quelli di K e Rb (pur in soluzioni diluite, per esempio 0,002 Mole di KNO_3); i sali di Ag, Hg, Cu, Zn,

Mg spiegano potere ripulsivo sugli spermatozoidi di Salvinia. Mancano ricerche per quelli delle Felci.

Inoltre anche i sali metallici, che diluiti, attraggono questi spermatozoidi, come si è visto, respingono in generale se più concentrati (per effetti chimici, non osmotici, giacchè non si equivalgono soluzioni isotoniche); e il simile dicasi pure dei malati, per esempio sugli spermatozoidi di Isoëtes il malato sodico dà ripulsione già ben visibile a 0,05 Mole e considerevole a 0,1 Mole. Così pure in certi casi Lidforss ottenne apotassia da parte di sostanze proteiche alquanto concentrate (mentre diluite adescano) sugli elementi maschili di Marchantia, come sarebbe con la diastasi a più dell' 1 %.

Frequentemente si osserva in Schizomiceti e anche Flagellati nello stesso preparato aerotassia positiva e negativa. Anzichè raccogliersi proprio al margine del coprioggetti, si riuniscono in una striscia intorno a una certa distanza, reagendo con fobismo, presso il confine esteriore di questa nel passaggio in liquido più aereato (tassia negativa), e presso il confine interiore nel trapasso in liquido meno aereato (tassia positiva). La stessa distribuzione si può dare intorno alle bolle d' aria. (Si veda Rothert, *1901, p. 376,* dove sono indicati i vari studi anteriori sull' argomento; se ne menzionarono già a p. 179). E furono riconosciuti Bacteri (anaerobii: si tratta di un Amylobacter) che fuggono sempre l' ossigeno (Rothert - *l. c.*).

Accenniamo in ultimo che il Chromatium photometricum, secondo Engelmann *(Bacterium photometricum - Pflüger's Archiv f. d. gesammt. Physiol., 1883, XXX, p. 113*), reagisce con fobismo facendo giungere anidride carbonica nel liquido.

[76]) Per la non preservazione di microbii contro il sublimato corrosivo: Pfeffer - *Untersuchungen a. d. bot. Inst. z. Tübingen, II, 1888, p. 628.*

[77]) Sulla modificazione, come si dice, del tono fototattico, nelle zoospore delle alghe coll' età si veda Strasburger - *Wirkung des Lichtes und der Wärme auf Schwärmsporen, Jena [pubblic. in Jen. Zeitschr. f. Naturw., 1878, XII]*, *p. 588.*

[78]) Idem per effetto del freddo in zoospore: Strasburger, *l. c., p. 606;* nel Flagellato Chromulina Woroniniana: J. Massart - *Recherches sur les organismes inférieurs - Bull. d. l' Acad. d. Scienc. d. Belgique, 3.ª ser., 1891, XXII, p. 164.*

[79]) Th. W. Engelmann - *Ueber Licht- und Farbenperception bei niedersten Organismen - Pflüger's Archiv f. d. gesammt. Physiol., 1882, XXIX, p. 396.*

[80]) Per sensibilità nei flagelli del Clamydomonas: Pfeffer - *Unters. a. d. bot. Inst. z. Tübingen, I, 1884, p. 444.*

[81]) Si consulti A. Nestler - *Ueber die durch Wundreiz bewirkten Bewegungserscheinungen des Zellkernes und des Protoplasmas - Sitz d. Akad. d. wiss. in Wien, 1898, CVII, 1 Abt., p. 708.*

INDICE

STUDIO D'INSIEME.

(Sommario)

Caratteristica delle irritazioni, p. 5. — Diffusione e importanza dei movimenti d'irritazione nel regno vegetale; squisita sensibilità, p. 5. — Relazione fra l'intensità dello stimolo e le azioni provocate; variazioni nella durata di stimolazione, p. 8. — Accomodamento delle strutture irritabili al grado di luce agente prima che venga provocata l'eccitazione, nell'eliotropismo, p. 8. — Non esistenza generale di strutture differenziate istologicamente in rapporto colla recezione di stimoli; mancanza di un sistema nervoso e di fenomeni subbiettivi individuali, p. 8. — Confronto fra i movimenti vegetali e gli animali ottenuti stimolando un muscolo o il suo nervo; conduzione d'eccitamento, p. 9. — Fenomeni elettrici in relazione coll'eccitazione, p. 10. — Processi motori, d'accrescimento e consistenti in variazioni del turgore, p. 11. — Induzione dei processi motori nelle varie parti della regione motrice, p. 13. — Stimoli in grado di provocare movimenti oltre quelli attivi in natura; eccitazioni dovute a stimoli diversi, p. 14. — Moti di ritorno, p. 15. — Condizioni che richiedonsi per l'irritabilità; narcosi, p. 16.

Accenno ai movimenti dovuti a stimoli interni, p. 17. — Movimenti nastici; gruppi che comprendono, p. 18. — Movimenti tropistici; isotropia e anisotropia, p. 19. — Vari tropismi, p. 20. — Concezioni antiche dei tropismi, p. 20. — Orientamenti d'equilibrio e posizioni d'irritazione degli organi di fronte agli agenti tropistici, p. 22. — Clinostato, p. 24. — Stimolazione di un medesimo agente tropistico in opposti sensi, p. 24. — Frequente localizzazione o maggior sensibilità tropistica all'apice degli organi; conduzione d'eccitamento in senso longitudinale, p. 25. — Inversione nel senso della rispondenza in tropismi con crescere l'intensità dello stimolo

oltre un certo valore, p. 26. — Mutamenti nella rispondenza di organi in concomitanza a diversi stadi di sviluppo, mutate condizioni esterne, ecc., p. 27. — Accenno ai tortismi, p. 27. — Delle tassie, p. 27. — Tassie topiche, p. 27. — Tassie fobiche (positive), p. 28. — Tassie negative, p. 29. — Mutamenti nella rispondenza tattica, p. 30. — Localizzazione della sensibilità tattica, p. 30. — Movimenti d'irritazione nelle piante fisse al substrato da mettersi al seguito delle tassie, p. 31.

SVOLGIMENTI.

a) *riferentisi alla sensibilità in tutto il mondo vegetale.*

La Legge di Weber . . . . . pag. 37
La narcosi . . . . . » 98

b) *alle sensibilità nastiche.*

Irritabilità nictinastiche . . . . . pag. 106
Irritabilità sismonastica . . . . . » 112
Aptoirritabilità . . . . . » 114
Stimoli capaci di provocare il movimento negli organi nastici oltre gli attivi in natura . . . . . » 118
Comportamento di organi nictinastici quando l'intensità dell'agente stimolante sorpassa un certo valore . . » 105
Stimolazione ripetuta a brevi intervalli, in generale in organi nastici . . . . . » 97
Trasmissione d'impulso motore nella Mimosa e casi affini; trasmissione d'eccitamento in organi nastici . . . » 53

c) *alle sensibilità tropistiche.*

Stimolazione intermittente nel geotropismo e nell'eliotropismo . . . . . pag. 34
Equivalenza di variazioni proporzionali nell'intensità e nella durata dello stimolo, per l'eliotropismo e il geotropismo . . . . . » 45
Stimolazione geotropica degli organi ortotropi alle varie deviazioni dalla stazione normale . . . . . » 163

Sulla natura della stimolazione geotropica . . . . pag. 140
Critica della concezione di Haberlandt sopra una funzione diottrica di particolarità dell' epidermide fogliare a servigio dell' eliotropismo . . . . . » 49
Andamento della crescenza, ecc., in organi geotropi in rotazione al clinostato . . . . . » 169
Esperienze d' incisioni trasversali lungo il cammino d' eccitazioni eliotropiche e traumotropiche. . . . . » 172
Cause determinanti l' orientamento negli organi plagiogeotropici . . . . . » 143
Comportamento di organi veramente clinotropi al clinostato » 167
Le nostre conoscenze sul chimotropismo . . . . » 124

d) *ai processi motori (delle piante superiori).*

Come si modifica la crescenza nelle curvature d' accrescimento; tempo di reazione; inizio della reazione con aumento di turgore nei viticchi . . . . . pag. 74
Sui fenomeni motori nei viticchi delle Sapindacee . . » 92
Curvature geotropiche in organi già adulti . . . . » 137
Processi motori nelle sismonastie . . . . . » 80
Processi motori nelle nictinastie non d' accrescimento . » 86

e) *alle tassie.*

Critica del Chmielevsky a fototassie negative . . . pag. 173
I vari casi di chimotassie topiche . . . . . » 174
I vari casi di chimotassie fobiche positive . . . . » 177
Le chimotassie negative . . . . . » 181
Natura relativa di sensibilità principalmente chimotattiche » 94

ALTRE PUBBLICAZIONI BOTANICHE

dell' Editore ULRICO HOEPLI, Milano

Bettelini A., La flora legnosa del Sottoceneri (Cantone Ticino Meridionale). 1905, in-8, di pag. 213, con 6 tavole in eliotipia e due carte geografiche a colori 6 50

Bilancioni G., Dizionario di botanica generale, Istologia — Anatomia — Morfologia — Fisiologia — Biologia vegetale — Appendice, Biografie di illustri botanici. 1906, di pag. XX-926 [M. H] . . . . . 10 —

Bubani P., Flora Pyrenaea per ordines naturales gradatim digesta. Opus postumum editum curante O. Penzig in Athenaeo Genuensi Botanices Professore. Vol. I, 1897, in-8 gr., di pag. IV-554 — Vol. II, 1899, in-8 gr. di pag. VI-720 — Vol. III, 1901, in-8 gr., pag. IV-432 — Vol. IV ed ultimo, 1901, in-8 gr., di pag. IV-446-X. L'opera completa . . . . . 100 —

Caesii F., Phytosophicarum tabularum pars prima consilio et auctoritate R. Lynceorum Academiae ad fidem exemplaris castigatioris iterum edita per Rom. Pirotta. 1904, in fol., di pag. XXIV-85. Perg. flessibile . . . . . 20 —

Pubblicazione fatta in occasione del terzo centenario dell'Accademia.

Negri G., Erbario figurato. Illustrazione e descrizione delle piante usuali con speciale riguardo alle piante medicinali. Prefazione del Prof. O. Mattirolo. 1904, in-4, di pag. XIII-262, con 86 tavole cromolitografiche e 49 incisioni nel testo, legato in tela 16 50

Penzig O., Flora delle Alpi illustrata, 1902, in-8, pag. XIV-98, con 40 tav. in cromolit. contenente 250 specie, legato in tela 6 50

— **Contribuzioni alla storia della botanica.** I, Illustrazione degli Erbarii di Gherardo Cibo - II, Sopra un Codice miniato della Materia medica di Dioscoride, conservato a Roma. 1905, in-8, di pag. IV-263, con 8 tavole in eliotipia . . . . . 9 —

— lo stesso legato in tela . . . . . 11 —

Prezzo del presente volume: Lire Quattro.

3 5185 00075 7052